

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Analýza a návrh energetického řešení oblasti Ostrava – Nová Karolína
Analysis and design of energy solutions area Ostrava – Nova Karolina

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miroslav Šimášek**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Analýza a návrh energetického řešení oblasti Ostrava - Nová Karolína**
Analysis and design of energy solutions area Ostrava - Nová Karolína

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor elektrizační soustavy
2. Teoretický rozbor distribučních rozvodných soustav
3. Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení
4. Analýza a návrh napájení hlavních objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína
5. Zhodnocení napájení hlavních objektů Ostrava-Nová Karolína po základním provozu
6. Návrh napájení dalších objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
2. Pauza, J., Krychtánek, Z.: Elektrické stanice. SNTL Praha, 1989.
3. Santarius P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1993.
4. Horák, K.: Výpočet elektrických sítí. SNTL Praha, 1980.
5. Technická dokumentace oblasti Ostrava - Nová Karolína.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 28.4.2017

.....
Bc. Miroslav Šimášek

Poděkování:

V první řadě bych chtěl poděkovat Ing. Richardovi Najmanovi, Ph.D, za poskytnutí podkladů, teoretických i praktických informací a poznatků pro vypracování této práce

Dále bych chtěl také poděkovat doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi nejen za odborné vedení této diplomové práce, ale také za rady a připomínky k diplomové práci.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá analýzou a návrhem energetického řešení oblasti Ostrava – Nová Karolina. V práci je řešena problematika stávajícího řešení, I. etapy projektu, včetně srovnání teoretických a praktických řešení. Následně se práce zabývá návrhem energetického řešení pro plánované objekty, II. etapa projektu, ve smyslu návrhu lokální distribuční sítě a související problematiky – napojení na I. etapu. V poslední části práce je zahrnuto redukované řešení pro aktuálně budované objekty.

Klíčová slova:

Nová Karolina Ostrava, dimenzování VN zařízení, distributor elektrické energie, VN rozvodna, lokální distribuční síť

Abstract:

This thesis deals with the analysis and design of energy solutions area Ostrava - Nova Karolina. The problems of the existing solution, the first stage of the project, including a comparison of theoretical and practical solutions, are solved within this paper. Subsequently, the work deals with the design of the energy solution for the planned objects, II. stage of the project, in terms of local distribution network design and related issues - connection to the first stage. In the last part of the paper, reduced solution to the currently constructed buildings is included.

Key words:

Nova Karolina Ostrava, design of HV equipment, distributor of electrical energy, high voltage substation, local distribution network

Obsah

Seznam použitých zkratk:	10
1. Úvod	11
2. Vymezení pojmů v souvislosti s prací	12
3. Elektrizací soustava	13
3.1 Uspořádání distribuce	14
3.2 Řešení transformátorů vzhledem k napěťovým soustavám	15
3.3 Rozvoj transformačních vazeb PS/110 kV	16
4. Distribuční soustavy	18
4.1 Distribuční síť velmi vysokého napětí	18
4.1.1 Provozování sítí	18
4.1.2 Poruchy	18
4.1.3 Zkrat	18
4.1.4 Příčiny vzniku zkratu	19
4.1.5 Nebezpečné děje při zkratu	19
4.1.6 Chránění	20
4.2 Distribuční síť vysokého napětí	21
4.2.1 Síť s izolovaným uzlem	23
4.2.2 Kompenzované síť	23
4.2.3 Distribuční síť nízkého napětí	23
4.2.4 Typy sítí NN	23
5. Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení	28
5.1 Vodiče	29
5.1.1 Dimenzování vedení podle přípustného oteplení	29
5.1.2 Dimenzování vedení s ohledem na hospodárnost	29
5.1.3 Dimenzování vedení s ohledem na mechanické namáhání	29
5.1.4 Dimenzování vedení podle dovoleného úbytku napětí	30
5.1.5 Dimenzování vedení s ohledem na účinky zkratových proudů	30
5.1.6 Dimenzování vedení s ohledem na správnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem	31
5.2 Transformátory	31
5.3 Jističí prvky a ochrany	31
6. Kritéria hodnocení alternativních možností napájení	32

6.1	Obscný postup multikriteriálního hodnocení variant	33
6.2	Aplikované kritéria na alternativní možnosti napájení	33
7.	Analýza a návrh napájení hlavních objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína	34
7.1	Popis areálu	34
7.2	Požadavky jednotlivých objektů	36
7.3	Popis trafostanice „Černá louka“ 110/22kV	38
7.4	Napájení jednotlivých objektu, smyčky (jak jsou napájeny objekty)	39
7.4.1	Co si můžeme dovolit	39
7.4.2	Co je vhodné udělat	39
7.4.3	Jak realizovat napojení	39
7.4.4	Co navržená varianta přináší	39
7.5	Hranice ČEZ a investor	44
7.6	Dimenzování kabelů a smyček	45
7.6.1	Dimenzování na proudovou zatížitelnost	47
7.6.2	Dimenzování při zkratech	49
7.6.3	Selektivita	50
7.7	Uložení kabelů	51
7.7.1	Uložení kabelů VN na napěťové hladině 22kV a požadavky energetického zákona	51
7.7.2	Uložení kabelů VN na napěťové hladině 22kV a požadavky ČSN 73 6005	53
7.7.3	Uložení kabelů VN na napěťové hladině 22kV a požadavky PNE 34 1050	54
7.7.4	Skutečné provedení uložení kabelů	55
7.8	Rozvodny VN a trafostanice v objektech	58
7.8.1	Rozvodny VN	58
7.8.2	Trafostanice NN	60
7.8.3	Rozvodny NN	60
7.9	Řízení rozvoden	61
8.	Zhodnocení napájení hlavních objektů Ostrava-Nová Karolína po základním provozu	62
8.1	Zhodnocení po realizaci I. Etapy	62
8.2	Analýza naměřených odběrů	62
9.	Návrh napájení dalších objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína	63
9.1	Nové objekty a jejich požadavky	63
9.2	Možnosti využití rezerv ve smyčkách, doplnění dalších vývodů z rozvodny	65
9.3	Umístění objektů vzhledem k jejich začlenění do sítě (smyček), návrh řešení	66
9.4	Výpočty, návrh nového vedení	68
9.5	Možné situace při výpadku napáječů	69

9.6	Možné alternativy.....	70
9.7	Zdůvodnění návrhu	70
10.	Změna v projektu II etapy	71
10.1	Budované objekty v rámci II. etapy	71
11.	Závěr	75
	Použitá literatura a další zdroje:	76
	Seznam obrázků:	79
	Seznam tabulek:	80
	Seznam příloh:	81

Seznam použitých zkratk:

Zkratka	Význam
CZCH	Centrální zdroj chladu
ČEPS	ČEPS, a.s. – provozovatel přenosové soustavy ČR
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
DS	Distribuční soustava
DT	Distribuční transformátor
DTS	Distribuční transformační stanice
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Groupe Spécial Mobile
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
HDO	Hromadné dálkové ovládání
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
kV	Kilovolt
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MTN	Měřicí transformátor napětí
MTP	Měřicí transformátor proudu
MW	Megavolt
NN	Nízké napětí
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PE	Polyethylen
PLDS	provozovatel lokální distribuční soustavy
PNE	Podniková norma elektroenergetiky
PPDS	Pravidla provozování distribuční soustavy
PPPS	Pravidla provozování přenosové soustavy
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
Pi	Instalovaný příkon
Ps	Soudobý instalovaný příkon
PS	Přenosová soustava
PVC	Polyvinylchlorid
RTU	Remote terminal unit
ŘPÚ	řád preventivní údržby
Sb	Sbírka
TS	Trafostanice
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
ZS	zemní spojení

1. Úvod

Tato bakalářská práce slouží převážně k popisu lokální distribuční sítě v oblasti Ostrava – Nová Karolina; ale zároveň také ke srovnání teoretických dovedností spolu se zvyklostmi v praxi.

Téma této práce jsem volil především z toho důvodu, že se jedná o praktickou ukázkou studovaného oboru (zaměření – Přenos a distribuce elektrické energie) a řešení praktické problematiky, která nám byla v průběhu studia teoreticky nastíněna. Praktická část práce se zabývá návrhem řešení lokální distribuční sítě od transformovny 110/22kV s přílehlou rozvodnou, až po jednotlivé velkoodběry na hladině 22kV i maloodběry na hladině 0,4kV, včetně všech řešených součástí sítě.

Samotné řešení problematiky popisuje nejen návrh kabelových VN vedení, ale také vybrané rozvodny pro velkoodběratele i trafostanice pro maloodběratele. Zajímavou částí návrhu je samotné řešení kabelového vedení z pohledu legislativy i praxe, případně s uvažováním do budoucna – výstavba dalších objektů na trase.

První třetina práce se zabývá teoretickými poznatky a řešeními, které vycházejí právě ze studia na VŠB-TUO, případně vycházejí z odborných publikací ^{[1], [2]}, které byly publikovány prof. Ing. Zdeňkem Hradílkem, DrSc.

V další části práce je popsána oblast včetně svých specifíků, požadavků i historie, která blíže souvisí s praktickými možnostmi pro realizaci lokální distribuční sítě. Je zde probráno navržené řešení pro I. etapu výstavby areálu, včetně praktických vysvětlení a postupů, proč je řešení realizováno právě uvedeným způsobem. V tomto bodě je také popsána převážná část teoretických požadavků, respektive požadavků udávaných legislativou, a jejich srovnání s praktickými poznatky a zkušenostmi.

Poslední část práce je věnována návrhu řešení pro II. etapu výstavby zmíněného areálu. Pro tuto část jsou zohledněny nejen požadavky uvažovaných nových objektů, ale také možnosti a omezení dané začleněním této etapy do stávajícího řešení. V části tohoto bodu je řešeno původní zadání pro II. etapu a ve zbylé části je uvedeno řešení pro redukované zadání z přelomu roku 2016/2017.

2. Vymezení pojmů v souvislosti s prací

Pro pochopení této práce je předpokládána znalost základních pojmů z oblasti elektroenergetiky. Některé pojmy, v souvislosti se základním popisem této práce, jsou uvedeny níže:

Elektrizační soustava (ES) je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.

Energetický zákon (EZ) je zákon č. 458/2000 Sb. ze dne 28.11.2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.

Distribuční soustava (DS) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území ČR, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; DS jsou zřizovány a provozovány ve veřejném zájmu. Posláním DS je bezpečně a hospodárně zásobovat odběratele elektřinou v požadovaném množství a kvalitě v daném čase a poskytovat distribuční služby uvnitř i vně soustavy provozovatele DS. Kromě toho zajišťuje systémové a podpůrné služby na úrovni DS.

Normální stav je stav soustavy, kdy jsou všechny provozní hodnoty systémových veličin v dovořených mezích, kdy je splněno pro vedení 110 kV a přípojnice stanic 110 kV/VN napájejících distribuční síť kritérium N-1 a v sítích VN a NN není pro poruchu, revizi nebo údržbu omezena doprava elektřiny odběratelům nebo výrobcům.

Plánování rozvoje DS je souhrn činností zajišťujících technicky i ekonomicky optimální rozvoj DS dle přijatých standardů rozvoje DS ve vazbě na rozvoj všech jejích současných i budoucích uživatelů. Přenosová soustava (PS) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, sloužící pro zajištění přenosu elektřiny pro celé území ČR a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; přenosová soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.

Spolehlivost provozu je komplexní vlastnost, která spočívá ve schopnosti ES zajistit dodávku elektřiny při zachování stanovených parametrů, především kmitočtu, výkonu a napětí v daných mezích a v průběhu času podle technických podmínek. ^[5]

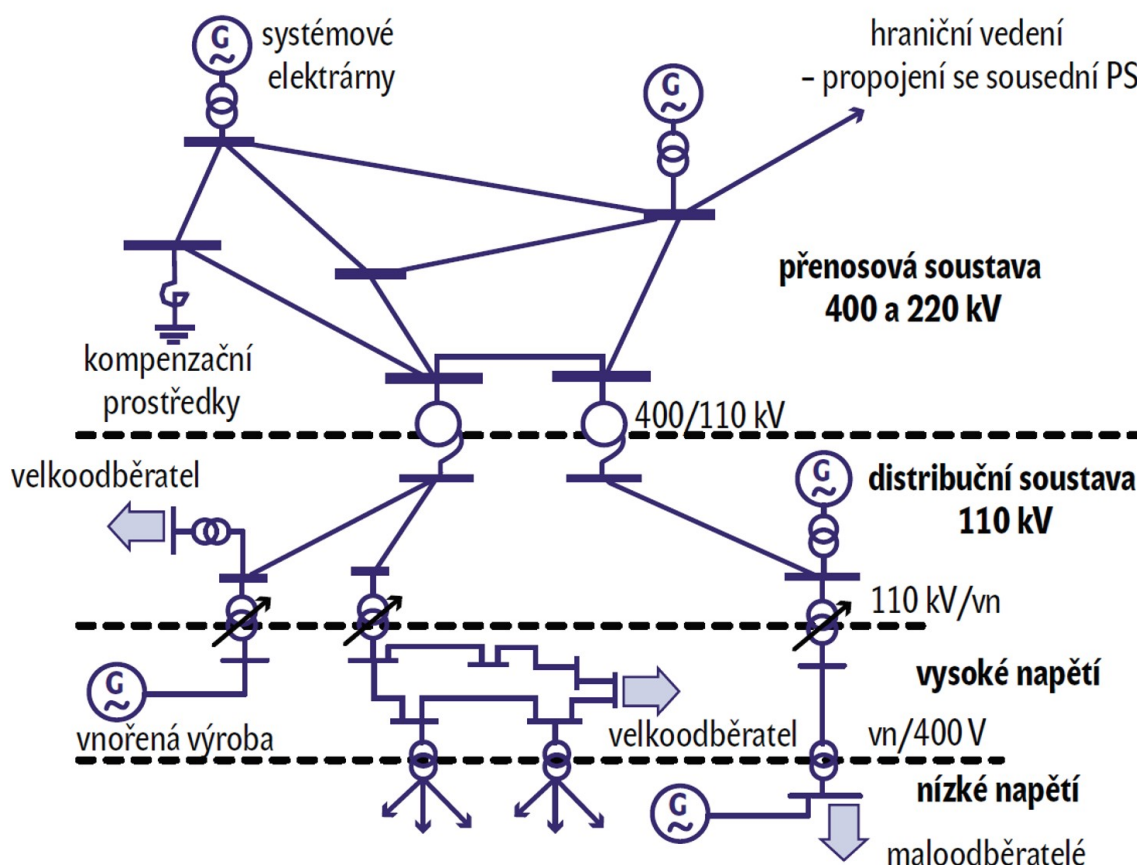
3. Elektrizační soustava

Tato soustava se skládá ze zdrojů, sítě a spotřebičů – viz. Obr.1. Základ elektrizační soustavy – jakousi páteř – tvoří přenosová soustava (nazývaná také nadřazená), která je charakterizována

- sítě o napětí 400 a 220 kV (včetně vybraných vedení 110kV),
- vyvedením výkonu velkých, tzv. systémových elektráren,
- transformační vazbou na napětí 110 kV,
- propojením do soustav sousedních států pomocí hraničních vedení.

Na přenosovou soustavu navazuje distribuční soustava, kterou charakterizuje:

- několik napěťových úrovní od 110 kV až po sítě nízkého napětí (NN),
- sítě jsou radiální nebo okružní,
- zásobování jsou z ní buď velkoodběratelé (z vyšších napěťových hladin), nebo maloodběratelé (ze sítě nízkého napětí 400/230 V),
- vyvedeny jsou do ní zdroje nižšího výkonu (nazývané také distribuovaná nebo rozptýlená, příp. vnořená výroba). [2], [5]



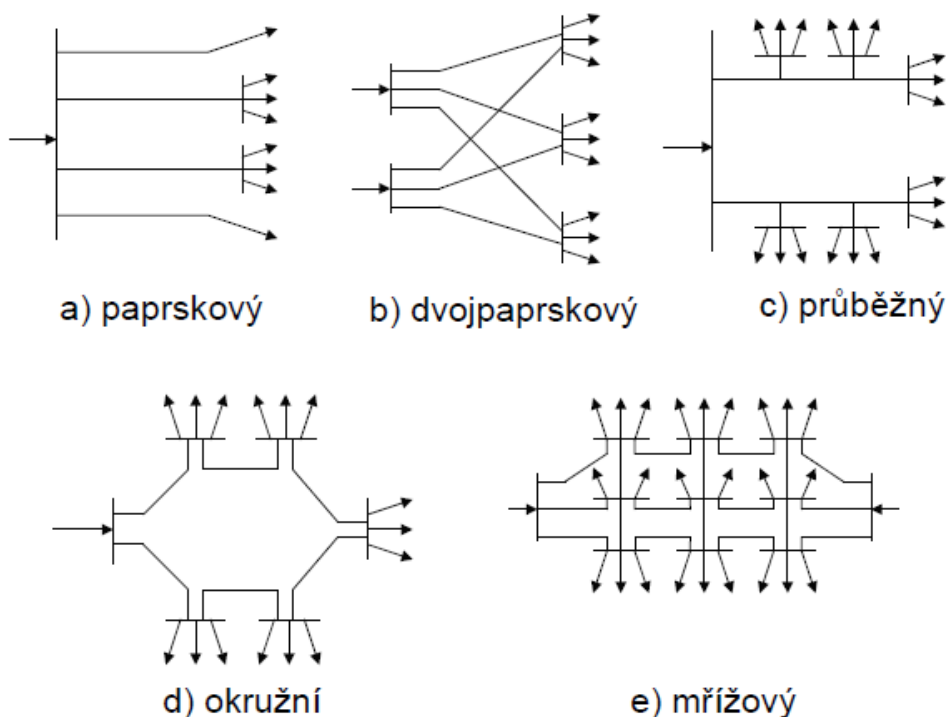
Obr. 1.: Schéma elektrizační soustavy

3.1 Uspořádání distribuce

Sítě mohou být z hlediska uspořádání řešeny jedním ze dvou základních způsobů:

- jako otevřený rozvod, kde je elektrická energie ke spotřebiči dodána jednou cestou,
- jako uzavřený rozvod, kde napájení lze zajistit vždy ze dvou nebo více stran.

K prvnímu způsobu patří paprskový rozvod a průběžný rozvod, ke druhému způsobu patří okružní rozvod a mřížová síť. Výběr vhodného druhu rozvodu závisí na způsobu provozu řešené soustavy, jak z hlediska rozdělování výkonu, tak i z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti. Na Obr. 2 jsou naznačeny uvedené druhy rozvodu elektrické energie.



Obr. 2.: Druhy rozvodů

Přenosová (nadřazená) soustava 400 kV a 220 kV je řešena okružním rozvodem, do kterého pracují tuzemské zdroje velkých výkonů.

Distribuční soustava 110 kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Sítě zajišťují tranzit elektřiny z uzlových transformoven ZVN/VVN a VVN/VVN do transformoven 110/VN kV. Do těchto sítí je vyveden výkon řady elektráren o výkonech desítek MW, jsou provozovány zpravidla jako okružní a zvolenému způsobu provozu odpovídá i použitý systém chránění distančními ochranami. Sítě se vyznačují spolu s vedeními ZVN a VVN přenosové soustavy vysokou spolehlivostí, velice nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování většina poruch při správném působení ochranných systémů nezpůsobí přerušení dodávky elektřiny odběratelům. Vedení jsou nejčastěji

konstruována jako dvojité (dvě vedení na jednom stožáru), nicméně v ČR se vyskytují i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.

Distribuční sítě VN jsou tvořeny venkovními a kabelovými vedeními provozovanými v převážné míře s napětím 22 kV, resp. 35 kV. Z minulosti jsou v provozu sítě s napětím 3, 6 a 10 kV. Tyto sítě ale nejsou dále rozvíjeny a jsou v rámci unifikace nahrazovány napěťovou hladinou 22 kV, resp. 35 kV. V drtivé většině jsou tyto sítě provozovány paprskově případně formou průběžného rozvodu. V městských aglomeracích toto řešení většinou umožňuje řadu propojení do dvojpaprskového nebo okružního rozvodu.

Distribuční sítě NN jsou provozovány převážně paprskovým a průběžným rozvodem, husté městské sítě jsou provedeny jako mřížové. ^[5]

3.2 Řešení transformátorů vzhledem k napěťovým soustavám

Způsob spojení uzlu vinutí transformátorů se zemí je též jedním z důležitých, technickoekonomických ukazatelů. Tyto uzly se někdy nazývají nulové body soustavy.

Způsob spojení uzlu má vliv na chování sítě během vodivého spojení jedné fáze se zemí, a to především na:

- velikost poruchového proudu,
- velikost napětí mezi fázovým vodičem a zemí.

Posuzování velikosti proudu vede k rozhodování o způsobu dimenzování a chránění v soustavě. Velikost napětí mezi vodičem a zemí klade nárok na izolaci. Při souměrném chodu sítě neteče zemí proud. Napětí mezi fázemi je sdružené, mezi fází a uzlem je napětí fázové. Jinak je tomu při spojení jedné nebo více fází se zemí. Nás pro posouzení jednotlivých sítí, jak z dalšího vyplývá, zajímají pouze poměry v síti při spojení jedné fáze (bez jejího přerušení) se zemí. Z tohoto hlediska rozeznáváme dále uvedené druhy sítí:

- účinně uzemněné,
- neúčinně uzemněné,
- izolované.

Tab. 1.: Řešení transformátorů pro dané napěťové soustavy

	Napěťová úroveň	Jmenovité napětí	Uspořádání rozvodu	Spojení uzlu transformátoru
Nadřazená soustava	VVMN	400 kV	Okružní	Účinně uzemněný
		220 kV		
Distribuční soustava		110 kV	Okružní, paprskový	
	VN	22 kV, 35 kV	Průběžný, paprskový, dvojpaprskový (obvykle s možností spojení do okružního)	Neúčinně uzemněný – většinou kompenzovaný
		10 kV		Neúčinně uzemněný, nebo izolovaný
		6 kV		
	NN	500 V	Průběžný, paprskový, mřížová síť	Izolovaný
400/230 V		Účinně uzemněný s vyvedeným středním vodičem		

3.3 Rozvoj transformačních vazeb PS/110 kV

Tato „problematika“ vychází z kodexu přenosové soustavy a zabývá se předacím místem mezi PS a DS, kterým jsou transformátory 400(220) /110 kV. Volba výkonu a počtu těchto transformátorů na jednotlivých předacích místech výrazně ovlivňuje spolehlivost a bezpečnost dodávky elektrické energie.

Počet a velikost transformátorů v transformační stanici je funkcí řady faktorů, jako jsou zatížení uzlové oblasti a jeho trendu rozvoje, počtu a velikosti elektrárenských bloků do oblasti pracujících, nutné rezervy v transformačním výkonu, zatížení návazných sítí 110 kV apod. Tyto údaje je nutno řádně a v pravidelných intervalech aktualizovat, a tím stanovit optimální postup rozvíjení transformační vazby. Tak je možno udržovat spolehlivost dodávek při obchodování s elektrickou energií.

Výchozí pramen, jednotky, resp. ukazatele:

- počet kusů transformátorů v předacím místě a jejich jednotkový výkon,
- smluvně stanovený rezervovaný příkon v předacím místě,
- zatížení transformační vazby v předacím místě.

Rozvoj transformační vazby PS/110 kV určují následujícími faktory:

Způsob provozu sítí 110 kV – síť 110 kV se v převážné většině distribučních soustav provozují rozděleny na samostatně pracující oblasti. Každá oblast má vlastní vazbu na PS, která je tvořena jedním, v omezeném počtu případů dvěma, případně třemi transformátory PS/110 kV. Uvedený způsob napájení sítí 110 kV je používán v současné době a je ho nutno uvažovat i ve střednědobém horizontu. Paralelní provoz sítí 110 kV s PS se používá pouze ojediněle, zejména při požadavku zajištěného napájení velkých odběratelů ze sítě 110 kV. Paralelní provoz sebou nese nebezpečí zvýšených přetoků zejména jalových výkonů a pro trvalé provozování sítí 110 kV paralelně s PS by v rámci celé ČR bylo nutno vynaložit značné investice do posílení těchto sítí.

Přenosová schopnost sítí 110 kV PDS mezi jednotlivými samostatně pracujícími oblastmi – schopnost sítě 110 kV přenášet výkon z jedné oblasti do oblastí sousedních je místo od místa rozdílná. V řadě oblastí nelze nahradit výpadek transformátoru PS/110 kV přivedením vypadlého výkonu sítěmi 110 kV ze sousedních transformačních stanic. Vazba mezi sousedními oblastmi sítí 110 kV by měla být dimenzována tak, aby umožnila nahradit výkon jednoho transformátoru ve stanici PS. Otázka, zda posílit transformaci PS/110 kV nebo síťovou vazbu 110 kV je náplní práce společného týmu PPS a příslušného PDS. Ten zkoumá ekonomickou efektivnost a realizovatelnost variantního řešení problematiky.

Velikost zdrojů zapojených do oblasti 110 kV – z hlediska velikosti zdrojů vyvedených do sítí 110 kV lze rozdělit uzlové oblasti do dvou základních kategorií:

- Uzlová oblast čistě spotřební – Rozhodující podíl na napájení oblasti má transformace PS/110 kV. Menší zdroje pracující do oblasti neovlivňují výrazným způsobem její bilanci a případný výpadek některého z nich nezmění podstatným způsobem toky výkonu přes transformátor PS/110 kV.

- Uzlová oblast převážně spotřební – Lokální zdroje pracující do oblasti pokrývají značnou část její spotřeby, spotřeba však stále převažuje nad výrobou. Zbývající část spotřeby je pokrývána transformací PS/110 kV. V oblasti se zpravidla vyskytuje dominantní zdroj, jehož výpadek nebo odstavení výrazným způsobem ovlivní bilanční poměry v oblasti a tím i zatížení transformace PS/110 kV.

V současné době se v transformačních vazbách 400/110 kV využívají stroje s instalovaným výkonem 250 MVA a 350 MVA, v transformačních vazbách 220/110 kV stroje s instalovaným výkonem 200 MVA. Hodnota transformačního výkonu PS/110 kV v jednotlivých předacích místech (transformovnách) vychází ze smluvně potvrzených hodnot rezervovaného příkonu.

Změna transformačního výkonu v předacím místě a případné navýšení rezervovaného příkonu v tomto místě je řešeno v souladu se „Zásadami rozvoje kapacity předávacích míst mezi PS a DS“.

Ke splnění požadovaných hodnot rezervovaného příkonu je využíváno nasazování nových transformátorů, případně výměna stávajících strojů za nové s větším výkonem. Rozhodnutí o realizaci jedné z výše uvedených variant je podmíněno technickoekonomickou úvahou a dohodou zúčastněných stran o velikosti transformačních jednotek.

Rozvoj uzlů PS by měl být realizován při dodržování následujících podmínek:

- Všechny uzly PS/110 kV budou osazeny v konečném stavu maximálně třemi transformátory 350 MVA.
- Z důvodu případného paralelního provozu transformátorů v jednom uzlu bude instalován druhý transformátor se stejným výkonem a napětím nakrátko jako stávající.
- Uzly se dvěma stávajícími transformátory budou rozšiřovány o třetí transformátor 350 MVA tak, jak si toto opatření vyžádají bilanční poměry v oblasti.
- Další nárůst transformačního výkonu v uzlech se třemi transformátory bude zajišťován výměnou strojů 250 MVA za nové o výkonu 350 MVA. Impulem pro výměnu transformátorů budou bilanční nároky oblasti, případně překročení doby životnosti stroje.
- Stanice, kde se v jednom areálu nachází transformace 400/110 a 220/110 kV (Bezděčín, Přestice, Sokolnice, Výškov) je považována za jednu transformační vazbu a hodnotí se obdobným způsobem, jako v předcházejících bodech.

Před rozhodnutím o zvýšení transformačního výkonu v uzlu PS je nutné zpracovat technickoekonomická hodnocení. Výsledkem hodnocení bude návrh technického řešení a optimální časový harmonogram realizace. Podkladem pro hodnocení je rozbor bilančních poměrů v napájené oblasti a rozbor stávajícího stavu zařízení v uzlu PS. ^[5]

4. Distribuční soustavy

4.1 Distribuční síť velmi vysokého napětí

4.1.1 Provozování sítí

Distribuční síť VVN jsou provozovány standardně v oddělených systémech příslušných jednotlivým transformátorům 400/110 kV event. 220/110 kV s maximálně možným zkruhováním jednotlivých síťových celků. Rozpojovací místa jsou volena tak, že z hlediska ztrát se způsob provozu sítě 110 kV blíží paralelnímu chodu.^[5]

4.1.2 Poruchy

Způsob provozování uzlu sítě 110 kV předurčuje, jaký typ poruch se může v této síti vyskytnout. Tato kapitola se omezuje na nejvýznamnější typ poruch, kterým jsou zkraty.^[5]

4.1.3 Zkraty

Zkrat je elektromagnetický přechodový děj, který je definován jako náhodné nebo úmyslné spojení dvou nebo více bodů obvodu (vodivé spojení fází, nebo jedné fáze se zemí), které mají při normálním provozu různá napětí, přes poměrně malý odpor nebo impedanci. Při zkratu protékají obvodem zkratové proudy, v blízkosti místa zkratu obvykle několikanásobně převyšující běžné provozní proudy, což má za následek odpojení zkratovaných částí od zdroje. Přirozeným růstem spotřeby elektrické energie a z toho odvozeným růstem elektrických výkonů v nových elektrárnách, spolu se stálým zvětšováním rozsahu elektrických sítí všech napětí, se zvětšují i zkratové proudy ve všech člancích elektrického rozvodu, počínaje napětím VVN a konče napětím NN. Růst zkratových proudů v elektrizační soustavě je evidentně nepříznivý jev.

Vývoj zkratových proudů ovlivňuje parametry rozvodné soustavy, konstrukci mnoha elektroenergetických výrobků a vyžaduje soustavné sledování v provozu. Pro správné dimenzování téměř všech elektroenergetických zařízení je nutné znát nejen velikost, ale i časový průběh zkratů.

Pro projektování a provoz elektrizační soustavy je třeba řešit problém zkratových proudů nejen pro současnou situaci, ale též pro budoucnost, tj. je nutné uvažovat životnost zařízení. Tato okolnost se doposud řeší použitím zařízení s větší zkratovou odolností. Opatření pro omezení zkratových proudů se používá jen tehdy, není-li k dispozici zařízení s potřebnými parametry.^[5]

4.1.4 Příčiny vzniku zkratu

Různé vady zařízení, zejména nedokonalá izolace – a to z výrobních důvodů (materiály, nevhodná technologie výroby atd.), nebo z důvodu špatné montáže (nepředpisové pokládání kabelů, nedodržení technologie při montáži kabelových spojek a koncovek atd.). K tomu přistupují též poruchy z důvodu zhoršení kvality izolace dlouhodobým přetěžováním kabelových vedení – zrychlené stárnutí izolace způsobené zvýšenou teplotou při nadproudech.

Přepětí – atmosférické nebo i provozní způsobí často porušení izolace a následný zkrat.

Cizí zásahy (lidé, přírodní vlivy) - jedná se o velmi častou příčinu vzniku zkratu, např. překopnutí či přetržení kabelu při zemních pracích všeho druhu, dále sesuvy půdy, působení hlodavců na plášť kabelu, pády stromů do venkovního vedení. Do této kategorie je možné zařadit i narušení plášťů kabelů působením bludných proudů.

Nedostatečná zkratová odolnost zařízení – vyskytuje se u starších, nerekonstruovaných zařízení v soustavách s prudkým nárůstem hodnot zkratových proudů. V důsledku částečného poškození zařízení při zkratu dochází pak k následným poruchám.

Vlivem selhání lidského činitele – chybné manipulace v různých (zvláště složitých) elektrických zařízeních, např. vypnutí přípojnicového odpojovače při zatížení (bez vypnutí předřazeného vypínače) v rozvodech VN a VVN. Dále je to ponechání cizích předmětů (zvláště kovových) v zařízení po předchozí demontáži atd. [5]

4.1.5 Nebezpečné děje při zkratu

Tepelné působení – působením zkratových proudů stárne izolace kabelu, dochází ke zmenšování mechanické pevnosti vodičů, narušení mechanické pevnosti různých spojů atd. Zvláště nebezpečné je tepelné působení elektrického oblouku (vznik požárů, těžké popáleniny osob).

Mechanické působení – při zkratu vznikají vlivem elektromagnetického působení zkratového proudu mechanické síly, které způsobují ve formě dynamického rázu těžké mechanické namáhání všech částí elektrického systému (ohýbání pevných vodičů, roztržení podpěrných izolátorů, kývání lanových vodičů, přerušení vinutí elektrických strojů atd.).

Pokles napětí – při zkratu dochází k náhlému poklesu impedance el. Obvodu a k mimořádnému poklesu napětí, přičemž do místa poruchy tečou zkratové proudy ze všech zdrojů ES dle jejich výkonů a el. vzdálenosti. Úbytky napětí rostou od místa zdrojů k místu zkratu, takže pokles napětí se projeví různou měrou v celé soustavě. Pokles napětí se nepříznivě projeví na funkci řady elektrických spotřebičů, např. indukčních motorů, kde prudce klesá točivý moment motoru. U světelných spotřebičů dochází ke zmenšení světelného toku (žárovky), popřípadě ke zhasnutí (výbojky, zářivky). Pokles napětí v přenosových soustavách ohrožuje také stabilitu chodu systému.

Indukované napětí – zkratové proudy tekoucí silovými vedeními (zemí) ohrožují funkci řady sdělovacích zařízení svým magnetickým polem, a tím i indukovaným napětím na těchto sdělovacích zařízeních.

Přepětí – v souvislosti s vypínáním zkratových proudů vznikají v rozvodech přepětí dosahující hodnoty až dvojnásobku jmenovitého napětí. Vedle toho je třeba věnovat pozornost také velikosti zotaveného napětí po odepnutí zkratu vypínačem. Zotavené napětí může svojí strmostí narušit nejen izolaci el. zařízení, ale také vlastní vypínací proces ve vypínači opětným přeskokem vypínací dráhy a opětovným zapálením oblouku mezi kontakty vypínače, což může vést i k havárii vypínače. ^[5]

4.1.6 Chránění

Pro chránění vedení v distribučních sítích VVN se využívají zejména distanční ochrany, které bývají zpravidla vybaveny lokátorem poruchy. Po vzniku poruchy dojde k odpojení postiženého úseku vedení ve velmi krátkém čase (v prvním stupni ochrany cca 0,1s, ve druhém stupni cca 0,3-0,5s). Lokátor v ochraně současně informuje dispečera o vzdálenosti poruchy od příslušné rozvodny. Výpočet vzdálenosti vychází ze zjištěné hodnoty impedance a jeho přesnost tedy velmi závisí na znalosti aktuálních parametrů vedení. Zde často nelze zanedbat vliv paralelních vedení, vliv prostřídání fází paralelního vedení, vliv počasí apod.

V případě potřeby se systém chránění doplňuje o rozdílovou (srovnávací) ochranu, případně záložní distanční ochranu. Systém chránění vedení 110kV je standardně vybaven automatikou opětného zapínání OZ (nejčastěji jednopólového).

Rozdílová ochrana zajistí selektivitu při střídání krátkých a dlouhých linek, umožní zkrácení vypínacích časů při zkratech mimo 85 % délky vedení a reaguje i na odporové (stromové) poruchy díky citlivějšímu rozběhu.

V odůvodněných případech (uzlové rozvodny 110 kV, s velkým počtem linek 110 kV a připojenými velkými elektrárnami) se používá automatické synchronizační zařízení, které umožní bezproblémové spnutí vedení. ^[5]

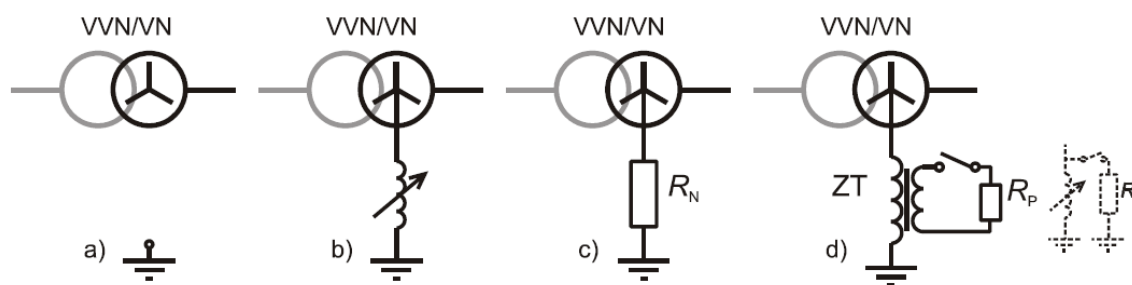
4.2 Distribuční síť vysokého napětí

Vysokonapěťové soustavy v ČR je možné s ohledem na charakter provozu rozdělit na soustavy distribuční s napětovými hladinami 10, 22 a 35 kV a dále na soustavy elektrárenských, průmyslových a důlních provozů s napětovou hladinou převážně 6 a 10 kV. Základní parametry a možnosti provozu distribučních soustav VN jsou určeny zejména systémem uzemnění transformátoru VVN/VN, tedy způsobem spojení nulového bodu VN vinutí napájecího transformátoru se zemnicí soustavou. Volba systému uzemnění nám definuje možnosti provozu soustavy z hlediska bezpečnosti, chránění, dimenzování či nepřetržitosti dodávky elektrické energie. V případě bezporuchového stavu symetrické sítě se způsob uzemnění nijak prakticky neprojeví na jejím provozu. Zásadní rozdíl je v případě poruchy, kdy dojde k vodivému spojení jedné fáze se zemí. Pokud tato porucha vznikne uvnitř sítě účinně uzemněné či uzemněné přes uzlový odporník, mluvíme o jednofázovém zkratu a poruchový proud dosahuje úrovně, které vylučují další provoz postižené soustavy. V tomto případě musí dojít v co nejkratším čase k odpojení postiženého vedení, a tedy i k přerušení dodávky elektrické energie. U sítí neúčinně uzemněných či izolovaných se jedná o zemní spojení, jehož poruchový proud nedosahuje tak vysoké úrovně a není tedy bezpodmínečně nutné okamžité vypnutí postiženého vývodu. Právě úroveň poruchového proudu je značně ovlivněna použitým systémem uzemnění a je tedy směrodatná pro určení rizika úrazu elektrickým proudem, dimenzování či pro zhodnocení mechanických následků způsobených poruchou. Díky velké rozloze a členitosti jsou distribuční soustavy VN, které hustě protínají převážnou část našeho území, vystaveny mnoha nepříznivým vlivům. Tyto vlivy, jako jsou například atmosférické podmínky, způsobují v případě venkovního vedení velké množství přechodných zemních spojení, která sama v krátkém čase odezní bez potřeby přerušení dodávky elektrické energie. Z tohoto důvodu jsou přednostně naše distribuční soustavy vysokého napětí provozovány jako neúčinně uzemněné. V současné době jsou výše zmíněné vysokonapěťové soustavy provozovány s ohledem na způsob uzemnění jako soustavy:

- Izolované – viz. Obr. 3 (a)
- nepřímo uzemněné přes zhašecí tlumivku (kompenzované soustavy) – viz. Obr. 3 (b)
- nepřímo uzemněné přes uzlový odporník – viz. Obr. 3 (c)

Přičemž pro poslední zmíněný typ soustavy se v ČR využívá několika modifikací, a to:

- klasická laděná zhašecí tlumivka s případným připínáním pomocného odporníku pro navýšení činné složky poruchového proudu na sekundární straně, příležitostně na straně primární – „maďarský“ odporník – viz. Obr. 3 (d)
- zhašecí tlumivka vybavená automatikou pro přizemnění postižené fáze v napájecí rozvodně,
- systém Swedish Neutral.



Obr. 3.: Používané zapojení transformátorů v distribučních soustavách VN

Každá varianta uzemnění uzlu transformátoru má svá specifika a je vhodná pro určitý provoz DS či LDS (lokálních distribučních soustav) jako je elektrárenský, popř. průmyslový provoz. Převážná část distribučních soustav je v rámci ČR provozována jako kompenzovaná s nejčastější variantou připínání odporníku na sekundární straně zhášecí tlumivky. U elektrárenských a průmyslových provozů je možno nalézt různé varianty způsobu uzemnění, tak například blokové vlastní spotřeby jsou provozovány jako izolované, společné vlastní spotřeby jsou zpravidla nepřímo uzemněné přes indukčnost a v rozvodnách odsíření elektrárenských provozů je pak běžný způsob uzemnění soustavy přes odporník. Důlní sítě jsou vesměs provozovány jako izolované, přičemž s ohledem na novou legislativu a podmínky provozu se postupně u důlních sítí přechází na soustavy kompenzované.

Rozhodnutí o vhodnosti použití způsobu uzemnění soustavy pro daný vysokonapěťový provoz, je možno provést na základě zohlednění důležitých kritérií (faktorů).

Mezi nejdůležitější kritéria patří:

- celkový kapacitní proud soustavy,
 - úroveň poruchového proudu (kapacitní proud zemního spojení či zbytkový proud),
 - ustálená poruchová napětí (stacionární rezonanční přepětí),
 - přepětí při vzniku jednopólové poruchy,
 - přepětí při přerušení 1pólové poruchy (vliv elektrického oblouku),
 - rychlost zotavení VN systému),
 - ferorezonanční přepětí, přenesená napětí,
 - způsob likvidace poruchy,
 - možnost dosažení maximální citlivosti ochran,
 - ovlivnění pomocných obvodů,
 - porovnávací investiční náklady,
 - provozní náklady,
- a v neposlední řadě
- bezpečnost s ohledem na hodnoty dotykových a krokových napětí, apod. ^[5]

4.2.1 Síť s izolovaným uzlem

V případě provozu sítí izolovaných není nulový bod transformátoru spojen se zemnicí soustavou, je od ní izolován (viz. Obr. 3 (a)). Tento systém uzemnění je nejčastěji provozován zejména u malých (průmyslových) distribučních sítí, kde hodnota celkového kapacitního proudu nepřesahuje hodnotu 20 A. Tento kapacitní zemní proud je dán fázorovým součtem kapacitních proudů převážně nepostižených fází celé sítě, uzavírajících se přes místo zemního spojení, a je úměrný velikosti takto provozované sítě. Pokud však díky velké rozloze sítě dojde k překročení hodnoty 20 A kapacitního proudu, je nezbytné provést jeho kompenzaci.^[5]

4.2.2 Kompenzované síť

Síť kompenzované mají spojený nulový bod transformátoru se zemnicí soustavou přes zhášecí tlumivku (viz. Obr. 3 (b)). Tato zhášecí tlumivka umožňuje kompenzovat kapacitní proud zemního spojení tak, aby místem poruchy procházel pouze zbytkový (reziduální) proud mnohem nižší úrovně. Tento zbytkový proud tvoří obvykle 3 % – 10 % celkového kapacitního proudu a je převážně činného charakteru. Tímto způsobem lze provozovat síť s kapacitním proudem až do 100 A v případě sítí venkovních (venkovní vedení tvoří nejméně 98 % celé sítě), do 300 A v případě sítí smíšených (nejméně 10 % venkovního a 2 % kabelového vedení) a do 450 A v případě sítí kabelových (kabelové vedení tvoří nejméně 90 % celkové sítě). Obecně se v našich distribučních sítích používá centralizovaná transformátoru a zemnicí soustavu rozvodny. V ojedinělých případech (propojení dvou oblastí) lze provozovat více zhášecích tlumivek paralelně. Během provozu jsou tyto tlumivky laděny automatickou, která nastavuje zhášecí tlumivku do paralelní rezonance s celkovou kapacitou provozované sítě tak, aby místem poruchy procházel pouze malý zbytkový reziduální proud, proto se někdy těmito tlumivkám říká rezonanční případně Petersenovy, dle jejího vynálezce. Velkou výhodou sítí kompenzovaných je podobně jako u sítí izolovaných možnost provozu soustavy se zemním spojením po dobu potřebnou pro odstranění jeho příčiny bez přerušení dodávky elektrické energie. Tento provozní stav nemá zásadní vliv na konečné odběratele, avšak existuje reálné riziko rozšíření zemního spojení na závažnější poruchu (dvojitě zemní spojení, mezifázový zkrat), která by vedla k okamžitému odpojení postiženého vývodu.^[5]

4.2.3 Distribuční síť nízkého napětí

Síť nízkého napětí jsou navrhovány s ohledem na charakter napájeného objektu nebo oblasti, které se vyznačují odlišnou velikostí požadovaných výkonů a stupněm důležitosti zajištění dodávky elektrické energie. Uvedená kritéria pak rozhodují nejen o dimenzování jednotlivých částí sítě, ale také o jejich konfiguraci a způsobu připojení odběrů.^[5]

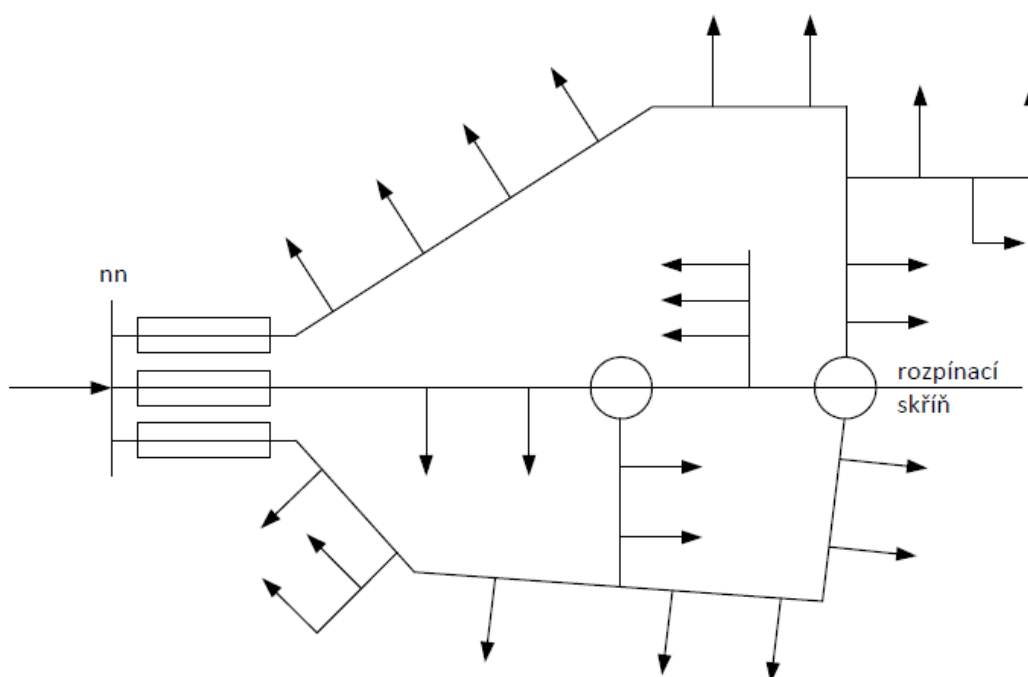
4.2.4 Typy sítí NN

Síť paprskové (viz. Obr. 2 (a))

V paprskových sítích, jejichž topologie odpovídá, vedení vycházejí z napájecího místa (transformovny nebo spínací stanice) a zásobují jednotlivé odběry. Každý vývod (paprsek) je samostatný a nelze je vzájemně spojovat. Tento způsob rozvodu je obvykle nejlevnější, avšak jistota zásobování je nejmenší. Přerušení dodávky může být několik hodin. Paprsková síť se obvykle používá v obcích, v malých městech i v průmyslu.

Sítě okružní

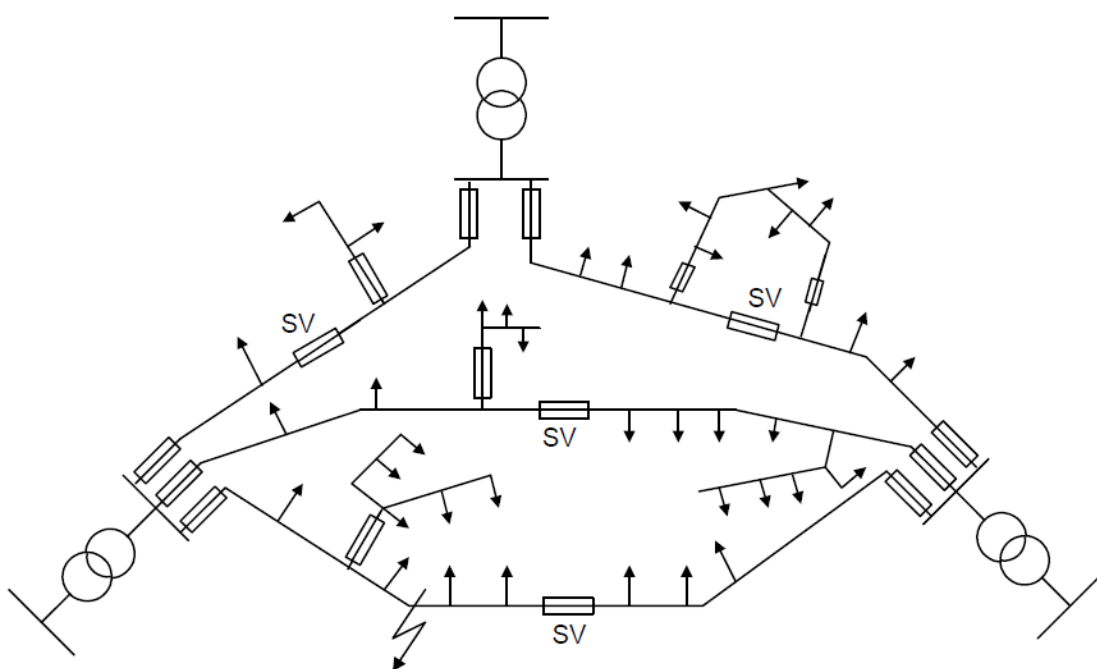
Sítě okružní je možno provozovat rozepnutou nebo sepnutou. Jednotlivé paprsky nebo polosmyčky jsou vedeny tak, aby se daly sepnout do uzavřených smyček. V obvyklých provozních stavech se tedy jedná o sítě paprskové. Při poruše vedení lze však snadno postižený obvod přepnout na vývod sousední, a to buď ručně, nebo automaticky. Sítě okružní jsou dražší než paprskové, protože pro vzájemné spojení je třeba větších délek vedení.



Obr. 4.: Příklad okružní sítě NN

Zjednodušená mřížová síť

Zjednodušenou mřížovou síť NN lze vytvořit tehdy, pracují-li do společné sítě alespoň dva transformátory VN/NN. Mezi těmito transformátory je spojení hlavními vedeními obvykle s většími průřezy, jištěnými výkonovými (hlavními) pojistkami na vývodech z DTS. Ve vhodných místech těchto hlavních vedení jsou slabší pojistky zvané pojistky slabé vazby (SV). Podle zkušeností pojistkám slabé vazby 2:1. Vyskytne-li se zkrat např. v naznačeném místě sítě, reaguje nejprve pojistka slabé vazby SV 4 a teprve v dalším zlomku vteřiny hlavní pojistka v DTS 2. Ostatní síť zůstává v provozu. Zjednodušená mřížová síť reaguje na poruchy na straně NN, nikoliv na straně VN. Distribuční transformovny DTS 1, DTS 2 a DTS 3 jsou většinou napájeny jedním vedením VN, obvykle venkovním.



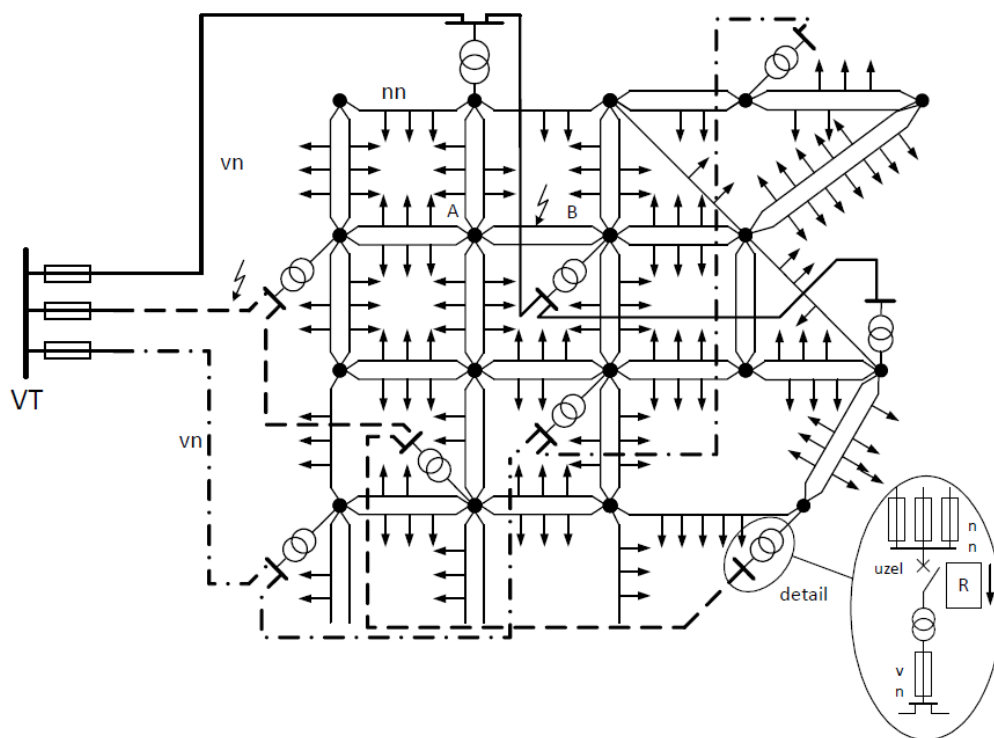
Obr. 5.: Zjednodušená mřížová síť NN

Klasická mřížová síť

Klasické mřížové sítě NN se zpravidla používají ve větších městech s měrnou hustotou 1 MW/km a více, kde je několik transformoven napájených nejméně dvěma, lépe třemi až pěti napáječi VN. Kabelové vedení NN se spojí na křižovatkách ulic do uzlu. Jsou to skříně s pojistkami za zděné na vhodných místech v domovních zdech nebo umístěné do samostatných pilířů. Pojistky NN mají mít pomalou charakteristiku a ve všech skříních stejnou jmenovitou hodnotu. Nastane-li porucha v úseku sítě NN mezi dvěma skříněmi, rozdělí se proud, jak je naznačeno v obrázku (Obr. 4.4). Z charakteristiky pojistek je zřejmé, že se pojistky na porušeném vývodu přetaví za kratší čas, a to tak rychle, že ostatní pojistky zůstanou neporušeny. Vyřadí se tak z provozu pouze porušený úsek A-B.

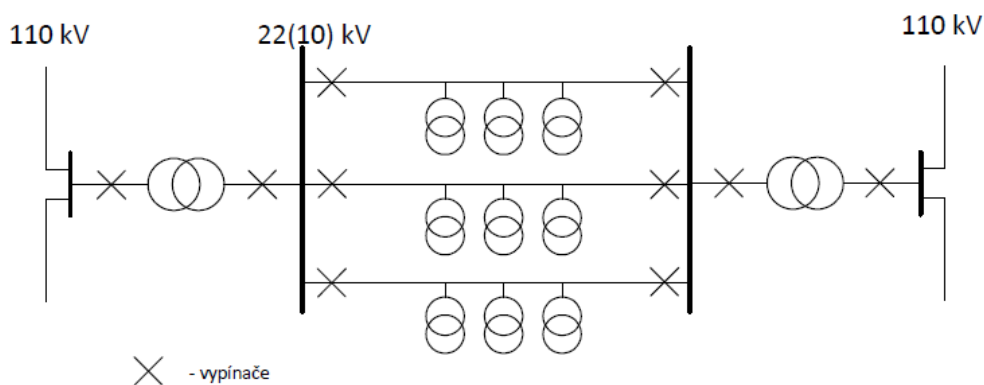
V klasické mřížové síti je vyšší spolehlivost zásobování odběratelů při poruše některého napáječe VN než v ostatních typech sítí. Nastane-li porucha na napáječi VN (např. prostřední vývod, Obr. 6), teče zkratový proud do místa zkratu nejen z místa napájení VT, ale i ze strany sítě NN. Pro tento případ jsou na straně NN každého transformátoru spínače ovládané směrovými relé, která dají popud k

vypnutí vadného napáječe v případě toku výkonu z NN do VN. Téměř současně vypne spínač ve stanici VT, takže napáječ č. 2 zůstane bez napětí, ale zásobování mřížové sítě zůstane neporušeno.

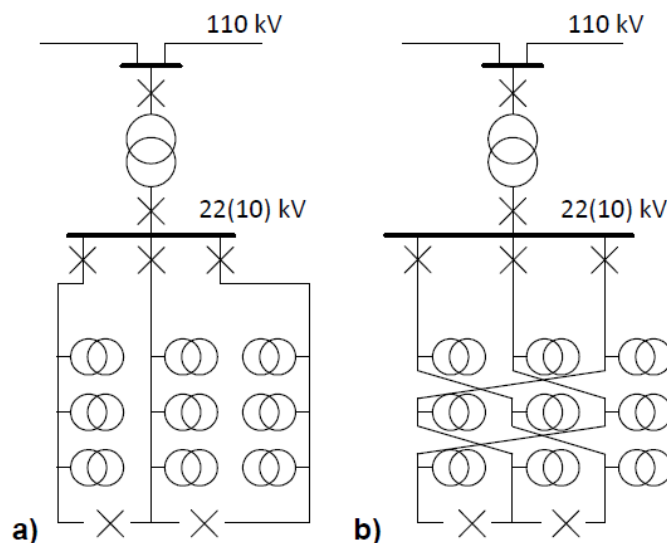


Obr. 6.: Klasická mřížová síť NN

Klasické mřížové sítě dělíme podle počtu transformátoru 110 kV/VN, na které jsou připojeny distribuční transformátory VN/NN napájející mřížovou síť, na jednosystémové (viz. Obr. 8), dvousystémové (viz. Obr. 9) příp. vícesystémové. Schéma napájení jednosystémové mřížové sítě s prostřídáním napáječi je na Obr. 8 (b). Při poruše jednoho napáječe se tak zatížení rozloží na ostatní napáječe rovnoměrněji. ^[5]



Obr. 7.: Dvousystémová mřížová síť NN



Obr. 8.: Jedno systémová mřížová síť NN

Porovnání některých vlastností tří typů sítí NN je uvedeno v tabulce níže

Tab. 2.: Srovnání sítí NN

Vlastnosti	klasická mřížová síť	Zjednodušená mřížová síť	paprsková síť
Pravděpodobnost výpadku	1	4÷5krát vyšší	9000krát vyšší
jistota zásobování	největší	větší	malá
napětí – kvalita (kolísání) úbytek ΔU	stabilní U , nejmenší ΔU	méně kolísá než v paprskové síti asi $\frac{1}{2} \Delta U$ než v paprskové síti	nestabilní U velký ΔU
Připojování koncentrovaných odběrů	až do $\frac{1}{2} S_n$ transformátoru	až do $\frac{1}{4} S_n$ transformátoru	Nelze
využití transformátoru a vedení	ušetří 30 % S_n transformátoru nejlepší využití	střední	malé využití nestejnoměrné zatěžování
ztráty el. energie	až o 30 % menší než paprsková síť	střední	velké
zkratové proudy	nejvyšší	střední	nejnižší
přehlednost sítě	malá	střední	velká
zpětné napětí při rozpojení	ano	ano	ne
poruchy v síti VN	neovlivní napájení	výpadek U	výpadek U
poruchy v síti NN	neovlivní napájení	neovlivní napájení	výpadek U
cena zařízení	závisí na zatížení	vyšší	nízká

5. Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení

Dimenzování vybavení zahrnuje široký pojem informací, respektive jej můžeme dělit na několik kategorií.

Dimenzování řešíme například u:

- Vodičů,
- Transformátorů
- Jistících prvků a ochran
- Výkonových prvků – vypínačů
- Výstroje rozvaděčů
- A dalších

Pro výše uvedené případy musíme určit „parametr“ na který budeme daný prvek dimenzovat.

Při projektování elektrického rozvodu v jakémkoli objektu musí být určen maximální odběr, na který musí být dimenzováno vedení, napájecí zdroj (např. transformátor), jistící přístroje ap. Dimenzovali elektrického rozvodu na prostý součet příkonu všech spotřebičů instalovaných v objektu by bylo nevhodné, protože je velmi malá pravděpodobnost současného provozu všech spotřebičů a jejich zatížení na plný výkon.

Proto je nutno určit takzvané výpočtové P_v

$$P_v = \beta \cdot \sum P_i$$

Kde β činitel náročnosti dané skupiny spotřebičů, (pro různé skupiny spotřebičů a druhy provozů ho udávají normy, pohybuje se v rozmezí 0,2 až 1).

P_i ...výkony jednotlivých instalovaných spotřebičů.

Z výpočtového zatížení se následně určí výpočtový proud např. pro trojfázový rozvod:

$$I_v = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Kde U sdružené napětí

$\cos\varphi$...střední účinník pro danou skupinu zařízení, také lze najít v normách ^[6]

5.1 Vodiče

Při dimenzování vodičů stejně jako i přípojníc uvnitř rozvaděčů a rozvoděn, dbáme především na tyto požadavky:

- přípustné (dovolené) oteplení
- hospodárnost provozu
- mechanickou pevnost;
- odolnost vůči účinkům zkratového proudu;
- dovolené úbytky napětí;
- spolehlivou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem. ^[6]

5.1.1 Dimenzování vedení podle přípustného oteplení

Při průchodu proudu vodičem dochází k jeho zahřívání. Vyvinuté teplo ve vodiči na jednotku délky je přímo úměrný odporu této jednotkové délky vodiče R_v a druhé mocnině proudu tekoucího vodičem I_v . V ustáleném stavu se množství tepla vyvinutého ve vodiči rovná množství tepla předaného do jeho okolí a je přímo úměrné teplotnímu rozdílu mezi vodičem a okolím $\Delta\theta$.

Teplota vodiče ovšem nesmí dlouhodobě překročit určitou hodnotu, při které by se zkracovala životnost jeho izolace. Izolace vodičů a kabelů je méně odolná než kovové vodiče, proto je nejvyšší dovolená teplota vodiče dána druhem izolace (u izolovaných vodičů).

Na oteplení vodiče má kromě velikosti protékajícího proudu vliv i teplota okolí a možnosti odvodu tepla z povrchu vodiče, které jsou dány uložením vodiče. (Například kabel uložený v zemi se chladí lépe než kabel na volném vzduchu, kabel v plastové izolační trubce hůře ap.). ^[6]

5.1.2 Dimenzování vedení s ohledem na hospodárnost

Toto kritérium má zajistit, aby celkové investiční a provozní náklady na vedení byly co nejmenší. Zjednodušeně řečeno, čím větší průřez vodičů použijeme, tím bude vedení dražší, ale na druhé straně bude mít menší odpor a menší ztráty za provozu. Účelem návrhu podle tohoto kritéria je nalézt hospodárný průřez vedení jemuž odpovídá minimum celkových nákladů, při určité předpokládané životnosti vedení a předpokládaném zatížení. ^[6]

5.1.3 Dimenzování vedení s ohledem na mechanické namáhání

Vodiče musí být schopny odolávat mechanickému namáhání, které může nastat při montáži, nebo během provozu (pohyblivé přívody, v pohyblivých prostředcích, vedení na pracovních strojích apod.). U vodičů pro vnitřní rozvod dochází k největšímu mechanickému namáhání při montáži, nebo vlivem zkratových proudů (těm je ale věnováno samostatné kritérium návrhu). U vodičů venkovního vedení se přidává navíc namáhání povětrnostními vlivy, zejména námrazou a větrem. Průřezy vodičů musí být navrženy tak, aby z hlediska mechanické pevnosti snesly nejvyšší namáhání, které může v provozu nastat. Normy udávají minimální průřezy pro jednotlivé druhy vedení, místo jejich použití, způsob uložení.

Pro venkovní vedení se většinou používají tzv. Al-Fe lana, což jsou lana s jádrem z ocelových drátů, které zajišťují mechanickou pevnost lana, které je opleteno hliníkovými dráty, které mají lepší elektrickou vodivost. Pro tato vedení je minimální průřez 16 mm^2 . ^[6]

5.1.4 Dimenzování vedení podle dovoleného úbytku napětí.

Na vedení protékaném proudem I dochází vlivem jeho impedance (odporu R a reaktance X) k úbytku napětí a tím i k poklesu napětí na spotřebiči. Tento pokles napětí by mohl ovlivnit některé důležité provozní vlastnosti spotřebiče (např. moment motoru apod.) a proto jsou dovolené úbytky napětí ΔU limitovány a jsou závislé na druhu rozvodu (občanský, zemědělský, průmyslový, podzemní, na jeřábech apod.) a jeho hodnota bývá uváděná v příslušných normách. U třífázových střídavých vedení při účinníku $\cos\varphi > 0,5$ se úbytek fázového napětí určí dle vztahu:

$$\Delta U_f = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \sin\varphi$$

U nízkonapěťového vedení (NN) s průřezem vedení do 16 mm^2 je úbytek napětí na reaktanci téměř zanedbatelný, proto se počítá pouze s úbytkem na činném odporu vedení (zvláště u kabelů). Parametry vedení (odpor r a reaktance x) bývají uváděny výrobcem pro měrné délky (Ω/km).^[6]

5.1.5 Dimenzování vedení s ohledem na účinky zkratových proudů

Při provozu vedení může dojít k průrazu izolace a k následnému zkratu. I když je zkrat odpojen ochranným prvkem (pojistkou, jističem nebo jinou ochranou), po určitou krátkou dobu (setiny sekundy až jednotky sekund) protéká obvodem zkratový proud, který bývá mnohonásobně větší než jmenovitý proud. Tento zkratový proud způsobuje namáhání vodičů:

- mechanické (dva vodiče protékané proudem na sebe působí silou)
- tepelné (zahřívání)

Silové účinky jsou nebezpečnější tam, kde jsou vodiče pevně uloženy, například přípojnice (hliníkové tyče) připevněné na izolátorech, mohlo by dojít k ulomení izolátorů.

Síla působící mezi dvěma rovnoběžnými vodiči je dána vztahem:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a} \cdot l$$

Kde I je proud protékající vodiči
 a je jejich vzájemná vzdálenost
 l je jejich délka

Zkratové proudy mohou dosahovat velikosti desítek kiloampér, i více a síly pak dosahují značných velikostí. Např. při proudu 10 kA, délce vodičů 1 m a vzdálenosti 10 cm je síla 200 N.

Tepelné účinky zkratových proudů jsou důležitější u volně uložených vodičů a kabelů. Nadměrné ohřátí vodiče (při zkratu může teplota přesáhnout i 200°C), by mohlo způsobit požár a u izolovaných vodičů poškození izolace.

Čím větší průřez vodiče použijeme, tím menší má odpor, a proto se v něm vlivem zkratového proudu vyvíjí menší množství tepla a zároveň má větší tepelnou setrvačnost, a proto se méně zahřeje.

Při návrhu průřezu vedení s ohledem na účinky zkratu, je důležitou veličinou tzv. zkratový výkon, nebo počáteční rázový zkratový proud. To je proud, který teče v daném místě rozvodu v

prvním okamžiku po zkratu, než zareagují ochrany. Dá se vypočítat, nebo určit z dokumentace rozvodných závodů. (Zkratový proud bude například mnohem větší při zkratu vzniklém těsně za transformátorem než na konci několikakilometrového vedení.).^[6]

5.1.6 Dimenzování vedení s ohledem na správnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem

Průřez vedení (pracovního i ochranného vodiče) je nutno volit tak, aby impedance vypínací smyčky nepřekročila hodnotu, vyplývající z podmínky pro vypnutí ochranného prvku (přístroje) v požadované době. Tato doba je dále závislá na tom, zda se jedná o připojení přenosného spotřebiče s držením v ruce při jeho používání, nebo pevné umístění. Nejdelší možné doby odpojení pro síť s uzemněným uzlem (TN) jsou závislé na velikosti napětí vodiče proti zemi.^[6]

5.2 Transformátory

Výkony transformátorů VN/VN a VN/NN distribučních a průmyslových jsou určeny výpočtovým zatížením objektu – viz. výše.

Jako jmenovitý výkon se zásadně udává zdánlivý výkon S_n [MVA, kVA], který vyjadřuje trvalou zatížitelnost transformátoru. Jmenovitý výkon je zdánlivý výkon, který do transformátoru vstupuje. Na straně výstupního vinutí je hodnota zdánlivého výkonu nižší vlivem ztrát transformátoru.

Výkon běžných transformátorů VN/NN používaných v sítích je omezen na 1250 kVA pro výstupní síť o normalizovaném napětí 400 V a na 1600 kVA pro 500 V. Důvodem tohoto omezení je dimenzování rozváděčů NN s ohledem na účinky zkratových proudů. Prakticky se však v některých situacích setkáváme i s vyššími výkony transformátorů VN/0,4kV.

5.3 Jistící prvky a ochrany

Jistící prvky a ochrany slouží k ochraně jednotlivých zařízení – vedení, transformátor, spotřebič. Poškození můžou způsobit hodnoty (napětí, proud, frekvence, ...), jiné než jmenovité.

Ochrany můžeme dělit dle toho, na jaký typ poruchy reagují:

- Nadproud
- Zkratový proud
- Přepětí
- Podpětí
- Při zemním spojení
- Při nesouměrnosti
- A další

U chránění všeobecně platí, a především u velkých celků, že snažíme docílit selektivity. Tedy v případě poruchy odpojit pouze postižené zařízení, respektive postižený úsek.

6. Kritéria hodnocení alternativních možností napájení

K hodnocení a jednotlivým kritériím můžeme přistoupit z několika pohledů. Tuto analýzu můžeme provádět:

Subjektivním rozhodováním – jako rozhodnutí založené na intuici a profesionálním citu

Objektivním rozhodováním – matematicky, pracujeme s kvantitativními vztahy

Metoda rozhodovací analýzy – kombinace subjektivního i objektivního rozhodování

Pro potřeby silnoproudé elektrotechniky se jeví jako metoda rozhodovací analýzy nejvhodnější.

Rozhodovací analýza se provádí v těchto etapách:

1. vymezení problému a stanovení cíle (dáno zadáním),
2. rozbor informací a podkladů,
3. stanovení alternativ,
4. stanovení kritérií – minimum Ztrát, úbytků napětí, nákladů apod. - multikriteriální analýza,
5. hodnocení a srovnání alternativ řešení,
6. zjištění nepříznivých důsledků jednotlivých alternativ,
7. rozhodnutí

Pro hodnocení a porovnání alternativ řešení lze použít některé z těchto způsobů:

- Srovnání předností a nevýhod, je to způsob nejjednodušší, omezující se na konstatování, zda alternativa řešení požadované funkce plní či neplní. Poměr kladů a záporů u každé alternativy slouží jako podklad k rozhodnutí.
- Bodové hodnocení je zpřesněný předchozí způsob, doplněný o to, že se bodově hodnotí plnění každé funkce posuzovanými alternativami. Čím více bodů určitá alternativa dosáhne, tím je lepší.
- Pořadí důležitosti, kritéria se vzájemným párovým porovnáním sestaví podle pořadí důležitosti. Alternativa řešení, která splňuje nejlépe důležité funkce, je nejlepší.
- Váhové hodnocení je způsobem nejúplnějším. Na základě závažnosti funkcí a počtu bodů, které alternativy dosahují při plnění jednotlivých funkcí se stanoví pro každou alternativu její bodová hodnota B.

Stupeň ohrožení realizace alternativ řešení může změnit názor na optimálnost stanovených alternativ, neboť někdy je vhodnější volit alternativu s menším rizikem, i když nedosahuje nejlepších výsledků.

Nebylo by ovšem správné pohlížet na rozhodovací proces jako na metodu, na jejichž výsledcích už nelze nic změnit. Optimální alternativa obvykle neplní některé dílčí funkce uspokojivě, zatímco některé z nevybraných alternativ tyto funkce plní dobře. Často je možné převzetím dílčích řešení z těchto alternativ zlepšit i plnění těchto funkcí u vybrané alternativy, a tak ji ještě zdokonalit.^[2]

6.1 Obecný postup multikriteriálního hodnocení variant

Pro standardizaci, vymezení a výběr metod vícekritériálního hodnocení variant sloužících na podporu rozhodování je nutno znát:

- O čem se má rozhodovat
- jaké cíle mají být splněny (jakých cílů má být dosaženo a za jakých podmínek)
- z jakých hledisek se má rozhodovat (jaká hlediska má rozhodovací subjekt respektovat)
- k jakému časovému horizontu bude výsledek rozhodování působit.

Obecný postup vícekritériálního hodnocení variant zahrnuje na zvolené rozlišovací úrovni šest relativně samostatných kroků:

- vytvoření účelově orientované množiny kritérií hodnocení
- stanovení vah kritérií hodnocení
- stanovení vzorových hodnot vah kritérií (etalonů),
- hodnocení dosažených výsledků (důsledků, užitků, ale i případných škod nebo ztrát) variant; jde o dílčí hodnocení variant a jejich syntézu v celkové vyhodnocení,
- posouzení rizika spojeného s případnou realizací variant
- určení preferenčního pořadí variant a výběr nejlepší varianty. ^[2]

6.2 Aplikované kritéria na alternativní možnosti napájení

Hlavními kritérii aplikovanými na rozhodování, jaké jsou alternativní možnosti napájení, jsou popsány výše, v tabulce 2. Výsledkem bude volba vhodného typu sítě.

Konkrétně se budeme zabývat:

- Pravděpodobností výpadku
- Jistotou zásobování
- Využití transformátorů
- Ztráty elektrické energie
- Poruchy v síti
- Cena zařízení

Každé kritérium má zcela jinou váhu. I když z analýzy vyplyne jednoznačný výsledek vzhledem k typu sítě, bude dále potřeba zhodnotit a zvolit nejvhodnější uspořádání prvků v síti. ^[2]

7. Analýza a návrh napájení hlavních objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína

7.1 Popis areálu

Historie oblasti Nová Karolína sahá až do 19. století, kdy v této lokalitě byla budována důlní jáma. Posléze zde byla vybudována i koksovna.

Počátkem 20. století byla poblíž uvažované lokality zřízena elektrická ústředna (elektrárna, trafostanice a rozvodna), pro zásobování elektrickou energií oblast Karolíny a také další závody v okolí.

Oblast Karolíny dosáhla svého vrcholu, v průmyslovém pohledu, ve 30. letech 20. století. V tomto období se do oblasti především dopravovalo uhlí z jiných lokalit za účelem koksování. Od této doby průmysl v uvedené lokalitě zažíval útlum až do roku 1964, kdy byl zastaven provoz koksovny. O deset let později byla zrušena i elektrárna.

Spolu s ukončením průmyslových aktivit v lokalitě byly zbourány i všechny tehdejší objekty, kromě objektu Elektrocentrály a Ústředny (nyní trojhalí).

Objekt byl dále „nevyužíván“ až do roku 1997, kdy byly v oblasti zahájeny sanační práce pro odstranění následku těžby. Sanace byly ukončeny až v roce 2006.

Od roku 2000 probíhaly soutěže a další výběrová řízení pro využití a zástavbu území Nová Karolína. V roce 2006 byl vyhlášen vítěz soutěže a představen projekt.

Výstavba areálu začíná v roce 2008—I. etapa. Bohužel téhož roku je kvůli ekonomické krizi stavba pozastavena a práce se rozbíhají až v roce 2010. V roce 2012 nastává slavnostní otevření Rezidence Nová Karolína a Obchodního centra Nová Karolína.



Obr. 9.: Oblast Nová Karolína

V roce 2013 vznikají první myšlenky na rozšíření areálu – tzv. II Etapa. Tato vize počítá se zástavbou až 32 ha do roku 2018.

Areál by měl v konečné podobě obsahovat:

- Maloobchodní prostory – přibližně 86 000 m²
- Rezidenční objekty – přibližně 1200 bytů
- Kancelářské prostory – přibližně 60 000 m²
- Sportovní a zábavní prostory – přibližně 12 000 m²

V neposlední řadě také velké množství parkovacích ploch, zeleně a dalších prostor. [22], [23]

Bohužel tyto plány jsou postupně přepracovávány. Od roku 2013, kdy byly započaty první myšlenky na pokračování prací v areálu se již několikrát změnily a případně přerušily plány s dalším rozšířením.

Oproti původním plánům na II etapu se nyní zvažuje pouze částečná dostavba rezidenčních objektů.



Obr. 10.: Uvažované objekty v II. etapě výstavby

Z objektu A až M se v současnost uvažuje pouze s výstavnou budov E a F. Výstavba dalších budou se dočasně odkládat vzhledem k menšímu zájmu, než se v době studie očekávalo. Tato skutečnost bude je popsána v posledním bodě této práce.

7.2 Požadavky jednotlivých objektů

Jak již bylo popsáno v předešlé kapitole, nyní se v oblasti již nenacházejí žádné objekty těžkého průmyslu. Převážnou část areálu nyní tvoří jak obchodní centrum, tak kancelářské prostory a několik objektů sloužících jako bytová zástavba.

Celý areál můžeme rozdělit do několika částí:

- Obchodní centrum
- Administrativní komplex
- Rezidence
- Trojhalí
- Centrální zdroj chladu

Po bližším prozkoumání jednotlivých objektů a případným požadavkům plynoucí z norem můžeme tvrdit, že žádný z uvedených objektů nevyžaduje speciální požadavky na napájení – stupně dodávky elektrické energie, respektive jejich zálohování.

Jiným úhlem pohledu na objekty je požadavek na jejich příkon. U některých objektů, které jsou provozovány vůči distributorovi elektrické energie jako celek – například obchodní centrum nebo centrální zdroj chladu, byl vstupním podkladem pro návrh celkový soudobý příkon objektu, který byl sdělen investorem, případně stanoven v samostatném projektu řešící konkrétní část.

Jiným případem je rezidence. Tyto objekty byly stanoveny standardně dle platných ČSN řešící tuto problematiku. Konkrétně se jedná o normu ČSN 33 2130 ed.3 ^[8], která v tabulce č.3 uvedené normy řeší jednotlivé stupně elektrizace. Tento důvod je dán tím, že například oproti obchodnímu centru uzavírají jednotlivý nájemníci smlouvu o odběr elektrické energie přímo s distributorem. U administrativní budovy nebo obchodního centra uzavírají nájemníci smlouvu s vlastníkem nemovitosti, který jednotlivé energie účtuje nájemcům.

Podstatným faktorem pro vhodné stanovení příkonu objektu je tedy začlenění jednotlivých bytových jednotek, jejich soudobost a počet napojených jednotek je jedno hlavní domovní vedení. Proto byly bytové jednotky začleněny do stupně elektrizace B, tedy maximální soudobý příkon 11kW pro jednu bytovou jednotku. Dále byla stanovena soudobost pro uvažovanou skupinu bytů.

Kromě bytů se v rezidenci také nalézají společné odběry, jako například výtahy, osvětlení, restaurace, ventilace apod., které musí být také napájeny. K jednotlivým skupinám byly tedy ještě připočteny tyto požadavky a byla stanovena tabulka instalovaných a soudobých příkonů rezidence.

Dle ČSN 2130 ed.3 jsou stanoveny standardně požadavky na příkony jednotlivých objektů takto:

Tab. 4.: Stanovení soudobých příkonů pro jednotlivé sekce rezidence

Označení sekce	Byty "B" počet	Popis	Pi (kW)	Ps (kW)	Počet odb. míst NN
A	16	Byty, společná spotřeba, výtah	202	70,08	17
B	24	Byty, společná spotřeba, výtah	279	85,92	25
C	11	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka, výměňiková stanice	161,4	65,18	14
D	18	Byty, společná spotřeba, výtah, restaurace, VZT	334,3	156,34	21
E	20	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	265,9	95,2	23
F	30	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	350,5	57,6	32
G	22	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	263,6	84,46	24
H	20	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	251,4	85,1	25
I	17	Byty, společná spotřeba, výtah, restaurace, VZT	295,7	132,96	20
J	21	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	269	93,48	23
K	25	Byty, společná spotřeba, výtah, obchodní jednotka	358,1	137,7	29
L	24	Byty, společná spotřeba, výtah	290	94,72	25
M	0	Garáže, strojovny, sklepní kóje, osvětlení, zásuvky, VZT + MaR – provozní rozvod,	362,25	219,58	2
Celkem			3683,15	1378,32	280

Jak již bylo uvedeno, žádný z objektů nemá požadavek na vyšší stupeň dodávky elektrické energie. Proto může být provedeno napájení objektů z jednoho napáječe. Toto tvrzení však není zcela jednoznačné – v objektu obchodního centra se nachází záložní zdroj – diesel generátor. Tento zdroj slouží především pro napájení systémů, jež musejí být v provozu i při výpadku napájení – elektronická požární signalizace, nouzové osvětlení, hasící zařízení apod.

Pro jednotlivé objekty byly stanoveny odběry, tedy požadavky na napájení elektrickou energií, následovně:

Tab. 5.: Požadované příkony objektů I. etapy

Název objektu	Označení objektu	Soudobý příkon
Obchodní centrum	1.B.003	6,6MW
Administrativní komplex	1.B.002	2,25MW
Rezidence	1.B.006	1,40MW
Trojhalí	1.B.018	0,315MW
Centrální zdroj chladu	CZCH	3,4MW

7.3 Popis trafostanice „Černá louka“ 110/22kV

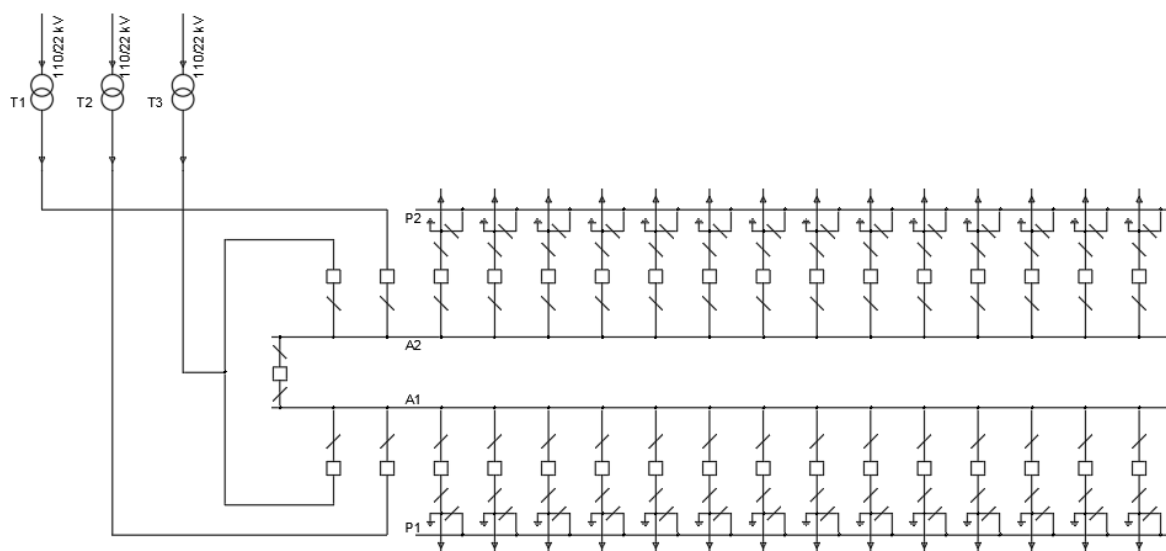
Bohužel, ze strany distributora elektrické energie, ČEZ distribuční služby, a zároveň provozovatele trafostanice a rozvodny „TR 110/22 kV Černá Louka“ nebylo možné v čase zpracování této práce získat oficiální cestou platné informace o aktuálním stavu rozvodny.

Lze však popsat následující. Uvedená rozvodna nebyla vystavěna primárně s cílem napájet objekty občanské výstavby, ale její primární určení vyplývá z doby, kdy uvedená lokalita sloužila k jinému účelu. Původní využití oblasti, jako bylo řečeno v předchozích bodech této práce, sloužilo pro těžký průmysl, konkrétně jako důlní oblast a koksovny.

U těchto objektů se předpokládala velká energetická náročnost, a proto v lokalitě byla budována elektrárna a teplárna, které ovšem koncem 20. století byly spolu s objekty koksovny zdemolovány.

Ačkoli výroba elektrické energie, která v době provozu koksárny byla vyráběna z koksárenského plynu, již v lokalitě není, zůstala zde právě bohatě vybavena a dimenzována rozvodna 110/22kV, které v současnosti napájí přilehlou oblast.

Dle veřejně dohledatelných informací a poskytnutých informací, které již nemusí v současnosti odpovídat skutečnosti, tak je uvedená rozvodna vybavena 3 transformátory 110/22kV. Dva z transformátorů pracují trvale do dvou systémů přípojníc 22kV, na které jsou napojeny jednotlivé vývody 22kV. Poslední transformátor slouží jako záložní pro potřeby, pokud je potřeba provádět údržbu na některém z aktivních transformátorů. Dle informací distributora mají být v současné době prováděny různé úpravy a rekonstrukce s cílem zvýšit spolehlivost a případně rozšířit výkonové možnosti rozvodny.



Obr. 11.: Příklad schéma rozvodny 22kV – Černá louka

7.4 Napájení jednotlivých objektu, smyčky (jak jsou napájeny objekty)

Při zamyšlení a zhodnocení informací z předešlých bodů, pro napájení objektů se jeví nespočet variant. Proto je dobré si jednotlivé možnosti a řešení trochu rozebrat.

Položme si několik otázek:

- „Co si můžeme dovolit“ (technické možnosti a omezení)
- „Co je vhodné udělat“ (úvaha)
- „Jak realizovat napojení“ (výsledné řešení)
- „Co navržená varianta přináší“ (pro a proti výsledného řešení)

7.4.1 Co si můžeme dovolit

S tímto bodem souvisí převážně požadavky legislativy (zákony, vyhlášky, normy, ...), ale také požadavky investora, ekonomický aspekt řešení případně možnosti v dané lokalitě.

V tomto bodě tedy:

- Zákony, vyhlášky a normy musíme minimálně dodržet
- Požadavky investora se musíme snažit dodržet, avšak investor ne zcela vždy ví, co je „správné“
- Je vhodné navrhnout takovou variantu, která bude ekonomicky přijatelná
- Jsme omezeni možnostmi prostředí

7.4.2 Co je vhodné udělat

V tomto bodě bychom jsme se měli zamyslet nad tím, pokud jsme splnili výše uvedené požadavky, jestli je navržené řešení optimální. Aspekty po tento úhel pohledu mohou být například:

- Budoucí rozšíření
- Předcházení poruchám
- Možnosti provozu při poruchách a odstávkách

7.4.3 Jak realizovat napojení

Pokud jsme splnili všechny požadavky a optimalizovali jsme řešení, tak výsledné řešení je použitelné pro danou situaci. Podstatným faktorem v tomto bodě je však vliv hodnotitele. Nemůžeme počítat s tím, že pokud bude řešit problematiku skupina řešitelů, vždy dojdeme ke stejnému výsledku.

7.4.4 Co navržená varianta přináší

Pokud jsme tedy navrhli několik řešení, tak vybereme jedno nejvhodnější řešení a můžeme tvrdit, že z našeho pohledu, hodnotitele, je toto právě nejlepší řešení pro daný případ. Ačkoli jiné řešení by bylo funkční, podle požadavků, a i třeba levnější. Naše řešení může skýtat výrazné výhody i když se nebude výrazně lišit od předešlého, bude opodstatněné, avšak nebude přehnané.

Tyto zamyšlení a uvážení byly brány v úvahu i při návrhu I. etapy, tedy v současnosti již zrealizovaného řešení v oblasti.

Navrženo je toto řešení:

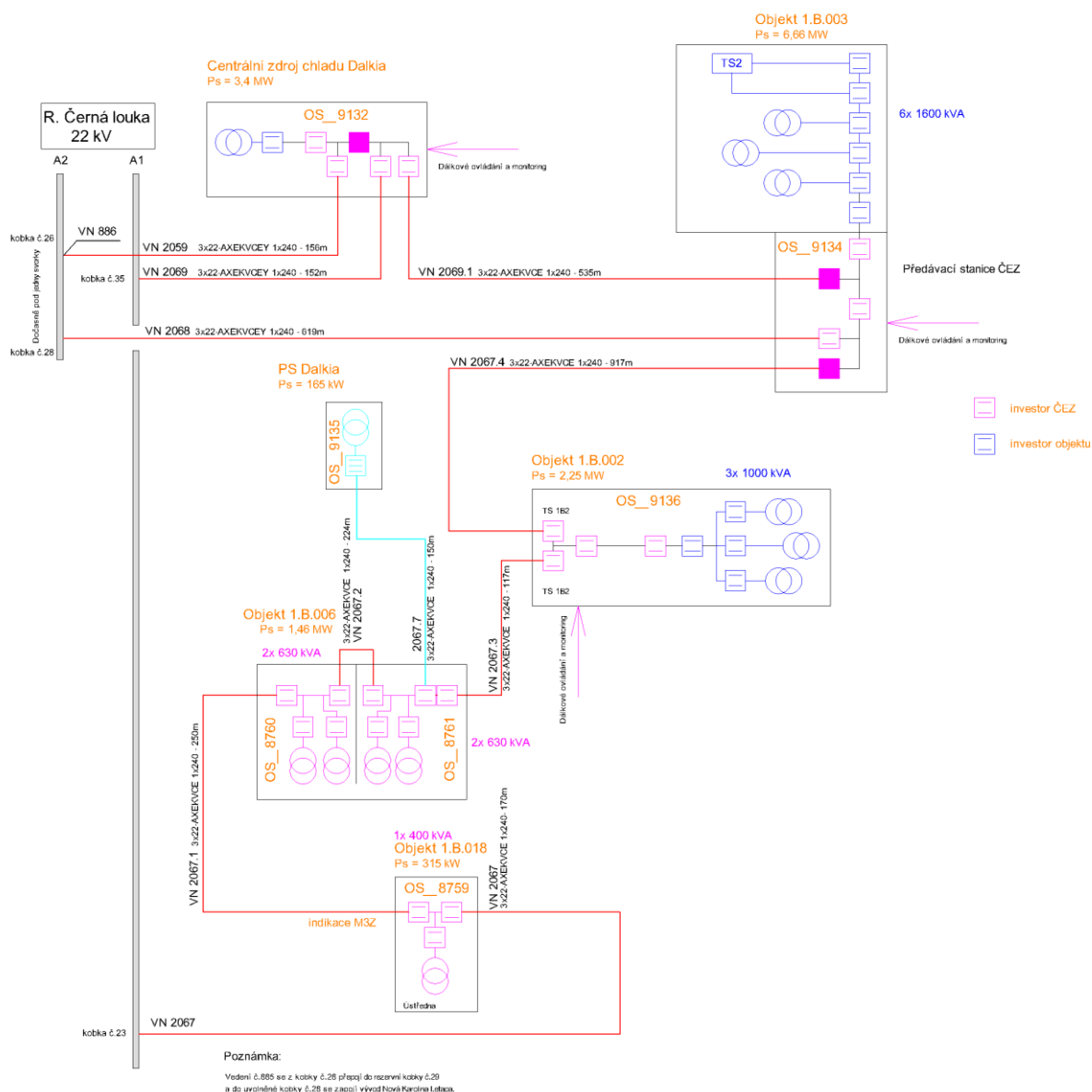
- Objekty jsou napájeny na hladině 22kV a vybaveny trafostanicemi 22/0,4kV, případně 22/6,3kV
 - o Důvod – přijatelné ztráty, dostupnost rozvodny 22kV v blízkosti, ...
- Kabelové vedení, v zemi
 - o Důvod – nové VN sítě nemůžeme v městské zástavbě vést volným vedením, navíc by to asi nebylo vizuálně vhodné, ...
- Okružní vedení, smyčky, velké odběry napájeny paprsky
 - o Důvod – nejsou požadavky na zajištění vyšších stupňů dodávky elektrické energie, možnost využít velkého počtu vývodů v rozvodně 22kV, ...
- Uložení kabelů na betonové desky v betonovém loži
 - o Důvod – ačkoli není dáno normou, zajistíme tím, aby se zabránilo poškození, ...
- Rezervní trubky v trasách
 - o Důvod – je to požadavek distributora, navíc když bude potřeba měnit kabel, nemusíme provádět náročné stavební práce, ...
- Výsledný tvar smyček
 - o Důvod – bylo známo, že se bude stávající areál rozšiřovat, ...

Na následujícím obrázku (Obr. 12) je znázorněno schéma napájecí sítě VN (schéma v původní velikosti je přiloženo v příloze k této práci).

Vezme-li schéma od začátku:

- Na levé straně lze vidět, že jednotlivé vývody jsou napojeny z rozvodny 22kV Černá louka.
- Celkem 4 VN vývody z kobek jsou rozděleny mezi jednotlivé transformátory, tedy mezi přípojnice A1 a A2 tak, aby bylo zajištěno napájení objektů při výpadku (poruše nebo údržbě) jednotlivých transformátorů
- VN vývod s označením VN 886 z kobky č.26 byl společný s vývodem VN 2059 pouze do doby, než byla dokončena úprava a následné rozšíření uvažované rozvodny.
- VN vývod s označením VN 2059 slouží pouze pro napájení trafostanice OS_9132, která slouží pro napájení centrálního zdroje chladu
- VN vývod s označením VN 2069 slouží pro napájení trafostanice OS_9132 a trafostanice OS_9134, která slouží pro napájení obchodního centra, avšak je v normálním stavu v obou trafostanicích provozně rozpojena
- VN vývod s označením VN 2068 slouží pro napájení trafostanice OS_9134 a dále pro trafostanice na smyčce VN 2067. V normálním stavu je však zapojena pouze pro napájení obchodního centra a pro další trafostanice je provozně rozpojena.
- Poslední VN vývod s označením VN 2067 slouží pro napájení zbylých trafostanic – OS_8759, OS_8760, OS_8761, OS_9136 a případně OS_9134. V normálním provozu je ve všech rozvodnách smyčka spojena až do rozvodny OS_9134 kde je provozně rozpojena.

Při pohledu na toto řešení lze považovat stav za velmi výhodně provedený. Hlavním důvodem k tomuto tvrzení je to, že pomocí 4 vývodů (2 smyček) dokážeme teoreticky napájet z kteréhokoliv vývodu, kterýkoliv z objektů (trafostanic) v areálu. Bohužel musíme brát ohled na maximální možný výkon, který lze přenášet kabelem spolu s informacemi o jednotlivých příkonech objektů.



Obr. 12.: Schéma VN pro I. etapu

Podstatnou částí návrhu není jen vhodné propojení objektů, ale také nutnost zvolit optimální rozmístění kabelových tras v dispozici. Pokud by kabely vedly přímo od rozvodny přes všechny řešené objekty až k poslednímu a ve stejné trase, tak bychom přišli o jednu podstatnou výhodu smyček. Tou výhodou je fakt, že pokud položíme smyčku tak, aby se vracela jinou trasou zpět do rozvodny oproti trase, kterou vede z rozvodny, tak docílíme toho, že v případě mechanického poškození v jednom místě trasy můžeme smyčku napájet z druhé, nepoškozené strany.

Dalším pohledem na tuto část návrhu může být úvaha, jestli je dispozice a využití areálu kompletní nebo se bude v místě instalace smyčky něco v budoucnu doplňovat.

Z tohoto důvodu byla trasa smyček na první pohled zvolena „zbytečně dlouhá“, tedy nevedla přímo od objektu k objektu, ale dá se říct, že vedla dál, než bylo potřeba. Tímto se docílilo možnosti vystavět v místě trasy vedení v budoucnu další objektu, jelikož to umožňuje dispozice areálu i rezervy vy zatížení jednotlivých kabelů.

Trasa smyčky napříč areálem Nová Karolína je zobrazena fialovou křivkou na následujícím obrázku – Obr 13.

Při srovnání schéma propojení trafostanic s dispozičním umístěním smyček v areálu lze vidět, že všechny 4 VN kabely vedoucí z rozvodny 22kV Černá louka jsou v souběhu pouze v krátké trase – jen k objektu centrálního zdroje chladu. VN kabely s označením VN2068 a VN2069.1 vedou od centrálního zdroje chladu směrem k obchodnímu centru jihozápadní trasou. A kabely s označením VN2067÷VN2067.4 vedou k obchodnímu centru přes zbylé objekty severovýchodní trasou.

Tímto rozpořádáním kabelových tras vidíme, že případné budoucí rozšíření bude jednoduše možné jak v oblasti kolem ulice K Trojhalí, tak i v oblasti mezi ulicemi K Trojhalí a 28. října. Pokud by se areál rozšiřoval do míst mezi ulicemi Na Karolíně a Jantarová, máme k dispozici využití jak stávající vedení VN2067, tak i možnost využití dalšího vývodu v rozvodně 22kV Černá louka a vybudování celé nové trasy, jelikož mezi objektem rozvodny a rezidence s současné době nestojí žádný objekt ani jiná překážka bránící vybudování nové trasy.



Obr. 13.: Dispozice rozvodů VN pro I. etapu

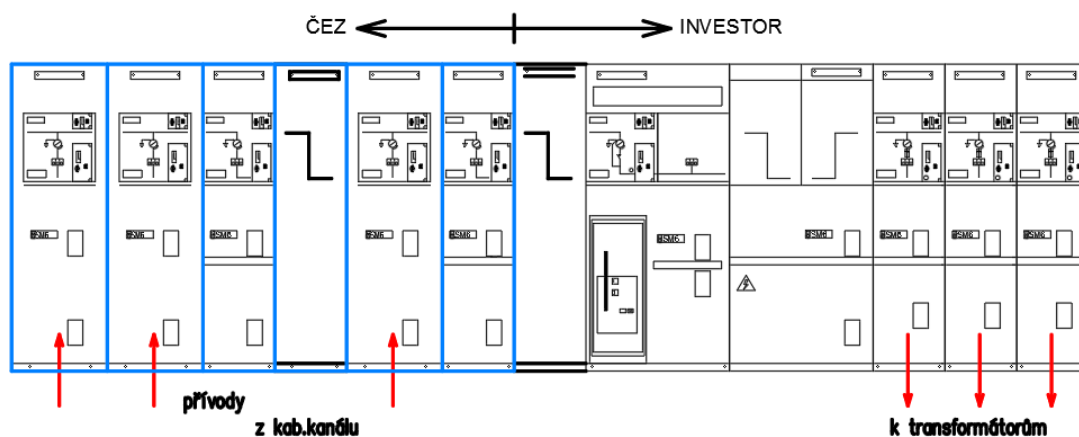
7.5 Hranice ČEZ a investor

Jak již bylo zmíněno v bodě 7.2, u jednotlivých objektů jsou rozdílně určeny hranice vlastnictví zařízení.

V tomto případě lze určit 2 základní rozdělení:

- U administrativní budovy, obchodního centra, zdroje chladu a trojhalí (velkoodběry) je hranice vlastnictví mezi investorem a distributorem určeno „mezipole“ VN rozvaděčů. Přesněji řečeno, distributor (ČEZ Distribuce) dodá vstupní pole a podélnou spojku a odběratel dodá pole s podélnou spojkou, pole měření a další potřebná pole (vývodová).
- U rezidence je situace jiná, protože je zde více odběratelů. Z tohoto důvodu je ve vlastnictví distributora (ČEZ Distribuce) vše od přívodního pole VN rozvaděče, přes transformátory 22/0,4kV až po koncové elektroměry. Vlastnictví odběratele začíná u jističe umístěného za elektroměrem. [19], [20]
- Jedinou výjimkou je předávací stanice PS Dalkia, která je napojena samostatnou VN přípojkou z OS_8761

Tato skutečnost je také zobrazena na obrázku Obr. 12 rozdílnými barvami prvků – fialová = distributor (ČEZ) a modrá = investor (zákazník). Pro konkrétní rozvaděč u velkoodběrů je znázorněna hranice na následujícím obrázku – Obr. 14.



Obr. 14.: Příklad hranice dodávky mezi investorem a distributorem

7.6 Dimenzování kabelů a smyček

Pro odůvodnění, proč jsou stávající smyčky navrženy tak, jak jsou navrženy je několik. Těmito faktory může být:

- Požadovaný přenášený výkon jednotlivých vedení vyplývající z navrženého schéma
- Dostupný výkon v rozvodně
- Parametry jednotlivých vývodů/kobek
- Dostupnost materiálu, ze kterého jsou realizovány vedení
- Profesní zkušenost a vyhodnocení projektanta

Podíváme-li se na navržené VN vedení zjistíme, že všechny vedení od rozvodny jsou konstantního průřezu v celé délce, tedy 240mm^2 , kromě napojení objektu PS Dalkia. Konkrétní použité kabely na hlavní VN vedení jsou kabely typu 22-AXEKVCEY $1 \times 240\text{mm}^2$ a 22-AXEKVCE $1 \times 240\text{mm}^2$. Jedná se tedy o silové kabely s izolací ze zesíleného polyethylenu vhodné pro jmenovité napětí 22kV. Tyto kabely splňují podnikovou normu PNE 34 7625 ^[12], která popisuje požadavky na tyto kabely a také jejich značení:

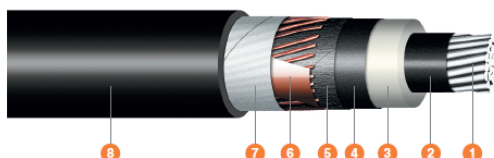
Jádro	A	hliníkové vícedrátové
	C	měděné vícedrátové
	AV	hliníkové vodotěsné
	CV	měděné vodotěsné
Izolace	XE	zesítný polyethylen
Kabel	K	silnoprůdný kabel
Stínění	C	měděné kovové stínění
	VC	měděné kovové stínění s ochranou proti axiálnímu šíření vody pod pláštěm
Kabel typu AIRBAG	(AR)	ochranná vrstva pod pláštěm proti mechanickému poškození
Plášť	Y	PVC plášť
	E	plášť z PE
	ER	plášť PE retardovaný proti ohni
	EER	plášť PE + PE retardovaný proti ohni
	EY	kombinovaný plášť PE+PVC
	VE	vodotěsný plášť s Al folií
	OY	olověný plášť s PVC ochranou vrstvou
Závěsný kabel	z	za posledním písmenem značky

Uvedené kabely jsou tedy hliníkové vícedrátové, s izolací ze zesíleného polyethylenu, silnoprůdný kabel, měděné kovové stínění s ochranou proti axiálnímu šíření vody pod pláštěm, s pláštěm z PE / s kombinovaným pláštěm z PE+PVC.

Na následujících obrázcích lze vidět skladba jednotlivých kabelů. ^{[17] .[18]}

Silové kabely s izolací ze zesíťného polyetylenu

Medium Voltage Cables with XLPE Insulation



Standard

PN 05/96, PNE 347625

Konstrukce:

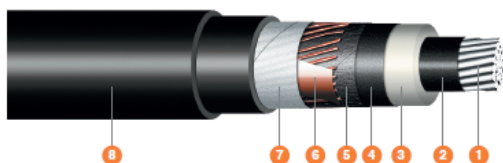
Design:

- | | | | |
|---|--|--|--|
| 1 Hliníkové jádro
Aluminium conductor | 3 Izolace ze zesíťného polyetylenu
XLPE insulation | 5 Polovodivá vodoblokující páska
Semiconducting water-blocking tape | 7 Vodoblokující páska
Water-blocking tape |
| 2 Vnitřní polovodivá vrstva
Inner semiconducting layer | 4 Vnější polovodivá vrstva
Outer semiconducting layer | 6 Stínění měděnými dráty s protispíralou z měděné pásky
Cu wire screen and Cu tape counterhelix | 8 Vnější PE plášť
Outer PE sheath |

Obr. 15.: Katalogový list použitého kabelu – 22-AXEKVCE

Silové kabely s izolací ze zesíťného polyetylenu

Medium Voltage Cables with XLPE Insulation



Standard

PN 05/96, PNE 347625

Konstrukce:

Design:

- | | | | |
|---|--|--|--|
| 1 Hliníkové jádro
Aluminium conductor | 3 Izolace ze zesíťného polyetylenu
XLPE insulation | 5 Polovodivá vodoblokující páska
Semiconducting water-blocking tape | 7 Vodoblokující páska
Water-blocking tape |
| 2 Vnitřní polovodivá vrstva
Inner semiconducting layer | 4 Vnější polovodivá vrstva
Outer semiconducting layer | 6 Stínění měděnými dráty s protispíralou z měděné pásky
Cu wire screen and Cu tape counterhelix | 8 Vnější PE + PVC plášť
Outer PE + PVC sheath |

Obr. 16.: Katalogový list použitého kabelu – 22-AXEKVCEY

Použití kabelů s kombinovaným pláštěm, tedy s izolací PVC a PE bylo v době zpracování projektu dáno podmínkami distributora. Tento požadavek byl pouze pro první část vedení vedoucí z rozvodny, tedy pro vedení mezi rozvodnou a první trafostanicí. Dále již bylo možné využívat kabely pouze s PVC izolací. Tato skutečnost byla pravděpodobně dána pouze z toho důvodu, že tyto kabely mají výrazně lepší mechanické vlastnosti (odolnost), a tedy s cílem snížit počet poruch a zvýšit spolehlivost v místech blízkých rozvodně.

Volbou vhodných kabelů a požadavky na ně, včetně jejich izolace řeší normy ČSN i podnikové normy PNE – již zmíněná PNE 34 7625.

7.6.1 Dimenzování na proudovou zatížitelnost

V současné době je distributorem poskytován maximální výkon pro jeden vývod na hladině 22kV přibližně 12÷13 MW. Tato skutečnost není nikde striktně dána, ale převážně závisí na posouzení technika řešící konkrétní požadavek na napojení konkrétního vývodu. Uvedená hodnota tedy vyplývá z dlouhodobých praktických zkušeností a také z faktu, že vývody s takovými proudovými hodnotami lze ještě poměrně jednoduše chránit.

Vyšší výkony lze tedy z jednoho vývodu dodat, avšak je to opět na posouzení technika a případně mít důvodné opodstatnění, že je opravdu vyšší výkon pro daný vývod požadován.

Z uvedeného výkonu můžeme určit proud, který odpovídá poskytnutému výkonu, za předpokladu kompenzace účinníku na hodnotu $\cos \varphi = 0,95$, dle následujícího vztahu:

$$I_n = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi}$$

Dosazením uvažovaných hodnot do rovnice:

$$I_n = \frac{12 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 331,5A$$

Výkonu 12÷13MW odpovídá proud přibližně 330 až 360 A. tyto proudy a výkony tedy odpovídají také nastavením konkrétních ochranných prvků na jednotlivých výstupech, kobkách, rozvodny 22kV.

Pro návrh nového kabelu, respektive v tomto bodu ověření stávajícího kabelu ve smyslu zatížení můžeme vycházet z těchto předpokladů. Pro příklad vedení VN 2067. Toto vedení může napájet objekty:

Tab. 6.: Zatížení vedení VN 2067

Název objektu	Označení objektu	Požadovaný soudobý příkon
Administrativní komplex	1.B.002	2,25MW
Rezidence	1.B.006	1,46MW
Trojhalí	1.B.018	0,315MW
PS Dalkia	-	0,165MW
Celkem		4,19MW

Pro tuto situaci je tedy poskytnutý výkon na jeden vývod přibližně 3x vyšší, než je požadovaný přenášený výkon.

Dosazením do rovnice napětí sítě, sumu soudobého příkonu objektů a za předpokladu, že v připojovacích podmínkách distributora je požadavek, že odběrné místo bude kompenzováno na hodnotu $\cos \varphi = 0,95$, dostaneme následující:

$$I_n = \frac{4,19 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 115,7A$$

Celkový proud tekoucí kabelem z rozvodny 22kV k prvnímu objektu je 115,7 A. V případě tvorby smyčky nemůžeme použít předpoklad, že kabely mezi dalšími objekty budou přenášet menší výkon. V případě že by byla porucha na vedení mezi rozvodnou 22kV a objektem 1.B.018, tak bude přeměrován tok výkonu například pomocí kabelu VN2068 z druhé strany.

Podíváme-li se na katalogové vybrané hodnoty zvolených kabelů v následující tabulce, zjistíme, že pro uvažovaný kabel průřezu 240mm² s uvažováním způsobu uložení kabelu – v trubce, v zemi, seskupené v trojúhelníku:

Tab. 7.: Srovnání použitých VN kabelů

Typ	22-AXEKVCE	22-AXEKVCEY
Počet žil x průřez žil/stínění(mm ²)	1x240/25	1x240/25
Tvar jádra	RM	RM
Průměr jádra (mm)	18.1	18.1
Jmenovitá tloušťka izolace (mm)	5.5	5.5
Průměr přes izolaci (mm)	30.4	30.4
Jmenovitá tloušťka pláště (mm)	2.5	2.5/1.5
Vnější průměr inf. (mm)	40	43
Ekvivalentní zkratový proud (kA)	22.7	22.7
Proudová zatížitelnost v zemi v trojúhelníku (A)	581	417
Proudová zatížitelnost na vzduchu paralelně (A)	581	417
Časová oteplovací konstanta (v trojúhelníku) (s)	932	924

Pro uvažované kabely, i když mají rozdílnou izolaci, tak se jejich jmenovité hodnoty vzhledem k provozním hodnotám nemění. Mění se pouze časové konstanty, které souvisí s ověřením návrhu kabelu při poruše. Pro průvodu zatížitelnost kabelů můžeme vycházet z normy ČSN 33 2000-5-52 (Výběr a stavba elektrických zařízení – elektrická vedení) ^[9], která pojednává o postupu a koeficientech zohledňující dané uložení. Bohužel norma je cílená pro instalace nízkého napětí, avšak námi potřebné principy jsou aplikovatelné i pro tento případ – vysoké napětí. V našem případě však nemusíme přímo zohledňovat uvedenou normu ani další fakty, protože údaje uvedené výrobcem v katalogovém listě jsou pro náš případ dostačující.

Uvedené kabely při zvoleném uložení nám dovolí přenášet až 417 A, což nám oproti požadovanému výkonu na vedení VN 2067 poskytuje rezervu 301,5 A kterým odpovídá rezerva zatížení kabelu asi 72 %. Tuto rezervu - 72 %; respektive rezervu ve výkonu vývodu z rozvodny 22kV – 67,7 %; můžeme využít právě pro zásobování zbylých objektů.

Kabel tedy nebude zatížen na maximální možnou mez, což přispívá také k menším ztrátám na vedení a případně i menší degradaci izolace kabelu z důvodu nižšího oteplení, ale hlavní důvod je právě možnost napájet další objekty.

Vezmeme-li v úvahu uvedené faktory a to, že se jedná o „nejvíce vyráběný kabel“ pro tyto účely, je to nejvhodnější volba z pohledu cena/výkon/dostupnost. A tedy jeden z důvodů, proč tento kabel nepoužít i když je předimenzovaný.

Důvod snahy používat jeden druh kabelu, respektive dva druhy, veden k tomu, aby firmy vyrábějící tyto kabely a firmy následně používající tyto kabely nemuseli mít v portfoliu velké množství rozdílných druhů kabelů. V praxi nám pro realizace sítí na hladině 22kV vystačí kabel s průřezem 70mm² pro napojení obvyklých transformátorů 22kV/NN a kabel s průřezem 240mm² pro realizaci hlavních vedení. Ovšem, najdou se případy, kdy je nezbytné použít jiné řešení, ale těchto je v praxi minimum.

Celkově lze tedy říct, že pro napájení areálu by stačil v současnosti jeden kabel, pokud by distributor zvýšil výkon na jeden vývod na 14MW. Bohužel by areál nebyl nijak chráněn v případě poruše na vývodu. Po změně topologie by dostačovaly ve finále 2 vývody ovšem za cenu ztráty možnosti napojit další nové objekty. Proto je řešení se 4 vývody opravdu jedno z nejlépe navržených řešení pro tuto situaci.

7.6.2 Dimenzování při zkratech

Dimenzování při zkratech je důležitým faktem pro celkovou „životnost“ všech zařízení na vedení. Pokud by byla špatně zvolena zkratová odolnost a nebyly by provedeny výpočty, tak je zřejmé, že při běžném provozu by tyto skutečnosti nemusely být na první pohled patrné, ale při vzniku poruchy, zkratu, by nemusela být zajištěna následná funkce zařízení.

V tomto případě je při návrhu nutné zajistit, aby byly vhodně dimenzovány jak kabely jednotlivých vedení, tak i například spínací prvky v rozvodnách.

V praxi, ani v tomto případě, nejsou použity postupy a výpočty v takovýchto situacích. Vychází se z následujících faktů a informací:

- Distributor uvede požadavek na celkovou odolnost při zkratu – obvykle 16kA/1s, výjimečně 25kA/1s
- Výrobce rozvaděčů udává odolnost při zkratu
- Výrobce kabelů respektuje požadavky distributora a udává taktéž tyto hodnoty.
- Kabely jsou chráněny na základě nastavení ochrany (řešeno distributorem) dle parametrů výrobce

V praxi se tedy navrhnou rozvaděče a další zařízení, dle požadavku distributora, která nám deklarují jejich výrobci a chránění kabelů je v režii distributora a nastavení ochran. Pro ověření kabelů můžeme vycházet například z postupů, které jsou uvedeny v ČSN 33 2000-4-43 ed.2 v bodě 434.5.2, tedy následující rovnici ^[10]:

$$i^2 t < K^2 S^2$$

Při analýze tohoto návrhu je patrné, že řešení je navrženo tak, aby bylo co nejvíce zamezeno případnému vzniku zkratu při běžném provozu. Například oproti volnému vedení je navržen velmi důmyslný způsob, jak předcházet poruchám na vedení pomocí vhodného uložení kabelů v zemi. Rozvodny jsou tvořeny skříňovými rozvaděči a napojení jednotlivých VN zařízení, transformátorů je realizováno kabely, což přispívá k zamezení vzniku zkratů. Mezi příčiny vzniku zkratu v běžném provozu může být tedy pouze selhání některého ze spínacích výkonových prvků.

7.6.3 Selektivita

Ačkoli selektivita je věc, které se snaží každý projektant i provozovatel docílit z důvodu eliminace poruchy na vedení na co nejmenší úsek, není tento požadavek nutné dodržet. V tomto případě by selektivita na jednotlivých vedeních přinášel spíše nevýhody. Nevýhodami může být jak nutnost použití sofistikovaných ochran z důvodu možného směru napájení, zvýšení vypínacích časů a další problémy související s nastavováním ochran.

Proto jsou vývody jištěny pouze na začátku, v kobce rozvodny 22kV, a dále nejsou nikde jištěny, přičemž všechny přívodní a vývodní pole jsou navrženy a dimenzovány takřka stejně.

Roli zde hraje také skutečnost, že realizace takto navržených rozvodů dle tohoto požadavku by byla finančně náročnější – více projekčních prací, dražší komponenty i potřeba více prací při samotné realizaci.

Prakticky lze tedy říct, že porucha je v případě vzniku vypínána až ve vývodním poli, kobce, v rozvodně 22kV, tedy na jejím začátku. Následně je porucha identifikována, odpojen poškozený úsek a vývod opět zapínán.

Toto řešení si opět můžeme dovolit jen v případě, že celý systém napájení je navržen s důrazem na spolehlivost, a nepředpokládáme častý výskyt takovýchto poruch, které způsobí dlouhodobý nebo rozsáhlý výpadek. Například právě uvedený kabelový rozvod v porovnání s volným vedením.

Přesto, že na jednotlivých vedeních, respektive v jednotlivých VN rozvaděcích uvažovaných rozvodů, není navrženo selektivní jištění, je zde navržen systém dálkového monitoringu a řízení rozvodů, kterými se dá absence selektivity do jisté míry vyvážit – ve smyslu detekce provozních stavů.

7.7 Uložení kabelů

Při vhodném rozložení kabelových sítí v areálu bylo nezbytné nejen brát v úvahu, jak zabezpečit dodávku do jednotlivých objektů s požadavky a možnostmi ve výše uvedených bodech této práce. Ale bylo nutné také dodržet podmínky dané normami a zákony.

Mezi hlavní legislativní dokumenty, které v tomto směru omezují „iniciativu“ projektanta při návrhu spadá:

- Zákon č. 458/2000 Sb. - o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
Včetně všech dalších souvisejících dokumentů jako novely a změny
- Norma ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- Podniková norma energetiky PNE 34 1050 – Kladení kabelů NN, VN a 110kV v distribučních sítích energetiky

7.7.1 Uložení kabelů VN na napět'ové hladině 22kV a požadavky energetického zákona

Tento zákon je velice obsáhlý a jeho kompletní analýza včetně všech souvislostí by zásadně překračovala rozsah této práce. V zákoně jsou řešeny v souvislosti s touto prací řešeny například definice distributora, energetický regulační úřad, provozovatel distribuční soustavy, technické dispečinky, výstava výroben elektřiny, elektrické přípojky a mnoho dalších bodů – „paragrafů“.

Pro tuto konkrétní část práce se v uvedeném zákoně, která nás zajímá, řeší problematika ochranných pásem – §46 tohoto zákona. Respektive tento bod je také velice obsáhlý a pro naše potřeby budou dostačující tyto body uvedeného paragrafu:

- (1) Ochranným pásmem zařízení elektrizační soustavy je prostor v bezprostřední blízkosti tohoto zařízení určený k zajištění jeho spolehlivého provozu a k ochraně života, zdraví a majetku osob. Ochranné pásmo vzniká dnem nabytí právní moci územního rozhodnutí o umístění stavby, nabytí účinnosti veřejnoprávní smlouvy územní rozhodnutí nahrazující nebo právními účinky územního souhlasu s umístěním stavby, pokud není podle stavebního zákona vyžadován ani jeden z těchto dokladů, potom dnem uvedení zařízení elektrizační soustavy do provozu.
- (3) Ochranné pásmo nadzemního vedení je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, která činí od krajního vodiče vedení na obě jeho strany
 - a) u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně
 1. pro vodiče bez izolace 7 m,
 2. pro vodiče s izolací základní 2 m,
 3. pro závěsná kabelová vedení 1 m,

- (5) Ochranné pásmo podzemního vedení elektrizační soustavy do napětí 110 kV včetně a vedení řídicí a zabezpečovací techniky činí 1 m po obou stranách krajního kabelu; u podzemního vedení o napětí nad 110 kV činí 3 m po obou stranách krajního kabelu.
- (6) Ochranné pásmo elektrické stanice je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti
- c) u kompaktních a zděných elektrických stanic s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 2 m od vnějšího pláště stanice ve všech směrech,
- d) u vestavěných elektrických stanic 1 m vně od obestavění.
- (8) V ochranném pásmu nadzemního a podzemního vedení, výroby elektřiny a elektrické stanice je zakázáno
- a) zřizovat bez souhlasu vlastníka těchto zařízení stavby či umisťovat konstrukce a jiná podobná zařízení, jakož i uskladňovat hořlavé a výbušné látky,
- b) provádět bez souhlasu jeho vlastníka zemní práce,
- c) provádět činnosti, které by mohly ohrozit spolehlivost a bezpečnost provozu těchto zařízení nebo ohrozit život, zdraví či majetek osob,
- d) provádět činnosti, které by znemožňovaly nebo podstatně znesnadňovaly přístup k těmto zařízením.
- (10) V ochranném pásmu podzemního vedení je zakázáno vysazovat trvalé porosty a přejíždět vedení mechanizmy o celkové hmotnosti nad 6 t.
- (13) Fyzické či právnické osoby zřizující zařízení napájená stejnosměrným proudem v bezprostřední blízkosti ochranného pásma s možností vzniku bludných proudů poškozujících podzemní vedení jsou povinny tyto skutečnosti oznámit provozovateli přenosové soustavy nebo příslušnému provozovateli distribuční soustavy a provést opatření k jejich omezení. ^[14]

Uvedené body pojednávající o ochranných pásmech musely být zohledněny z důvodů:

- Výskyt jiných sítí v areálu
- Elektrické stanice uvnitř objektů
- Výskyt zeleně v místech uložení kabelů
- Výskyt tramvajových a železničních drah

Spolu s těmi požadavky souvisí i minimální požadavky při souběhu a křížení sítí uvedené v ČSN 73 6005 a hlavně také ochranná pásma, která byla stanovena provozovateli dalších sítí, jež jsou v areálu umístěny. Mezi tyto sítě spadají například:

- Vodovod
- Veřejné osvětlení (komunikací)
- Parovod
- Horkovod
- Rozvody chladu
- Datové sítě, a další

Vzhledem k výskytu dalších sítí bylo nezbytné navrhnout uspořádání tak, aby VN kabely byly umístěny mimo tyto prostory. V místech kde to bylo nezbytné, muselo by být umístění projednáno s vlastníky dotčených sítí.

7.7.2 Uložení kabelů VN na napět'ové hladině 22kV a požadavky ČSN 73 6005

U požadavky uvedené normy můžeme říct, že jsou „benevolentnější“. Toto lze usuzovat ne ve smyslu přiblížení se do ochranného pásma jiné sítě, ale ve smyslu dodržení minimální vzdálenosti při souběhu nebo křížení s jinou sítí.

V normě jsou opět tabulky, které přesně specifikují požadavky při souběhu a křížení jednotlivých sítí i s uvažováním hladiny elektrického napětí (pro jiné elektrické sítě), nebo s uvažováním provozního tlaku sítě (pro plynová potrubí), ale jsou obsáhlé a pro tyto potřeby není potřeba uvádět.

Dále nám norma například určuje, že všechny sítě by měly být pokud možno přímé, s minimálním počtem křížení, aby opravy byly snadno proveditelné, zásahy co nejmenší, apod.

Pro tento případ (VN kabelové vedení na napět'ové hladině 22kV) z uvedené normy musíme respektovat především nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu a křížení s těmito sítěmi - viz následující tabulka.

Tab. 8.: Požadavky při souběhu a křížení kabelů

Typ sítě	Souběh	Křížení
Se silovými kabely do 1 kV	0,2m	0,2m
Se silovými kabely do 10 kV	0,2m	0,2m
Se silovými kabely do 35 kV	0,2m	0,2m
Se sdělovacími kabely	0,8m (nechráněné) 0,3m (v technickém kanálu nebo betonových chráničkách)	0,8m (nechráněné) 0,1m (v technickém kanálu nebo betonových chráničkách)
Vodovod	0,4m	0,4m (nechráněné) 0,2m (v technickém kanálu nebo betonových chráničkách)
Tepelné sítě	1m	0,5m (při uložení v chráničce možno přiměřeně snížit)
Kabelovody	0,3m	0,3m
Stoky a kanalizace	0,5m	0,5m

Kromě vzdáleností ve smyslu křížení a souběhu je nezbytné také dodržet minimální krytí (hloubku pod povrchem) podzemních sítí. Opět pro tento případ uvedeny nejmenší dovolené krytí kabelů 22kV v tabulce.^[11]

Tab. 9.: Požadavky na nejmenší krytí kabelů

Typ sítě	Nejmenší krytí od vnějšího povrchu kabelu/potrubí		
	Chodník	Vozovka	Volný terén
Se silovými kabely do 1kV	0,35m	1,00m	0,35m 0,7m (kabely bez ochrany proti mechanickému poškození)
Se silovými kabely do 10kV	0,50m	1,00m	0,7m
Se silovými kabely do 35kV	1,00m	1,00m	1,00m

7.7.3 Uložení kabelů VN na napěťové hladině 22kV a požadavky PNE 34 1050

Tato norma v podstatě shrnuje všechny nezbytné požadavky na kladení kabelů, které v současné době požadují takřka všichni distributoři elektrické energie v České republice. Tato podniková norma se opírá o desítky český, slovenských i evropských norem, včetně odkazu na vyhlášky, zákony a nařízení vlády. Jednoduše řečeno, je to takový „manuál“, jak realizovat kabelové vedení, aby bylo řešení distributorem akceptovatelné.

Podstatné body, které souvisí s problematikou tohoto projektu, v této normě jsou:

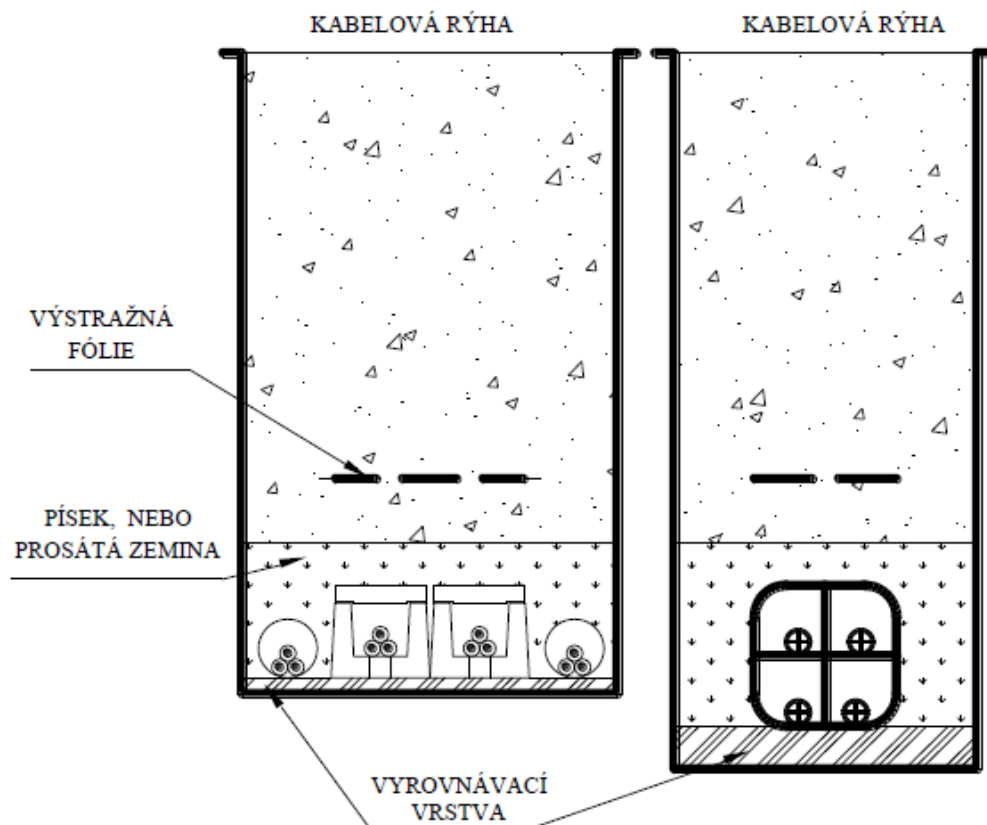
- Typy použitých kabelů – s XLPE izolací
- Kladení kabelů do země – s odkazem na ČSN 73 6005
- Ochranu před mechanickým poškozením – trubky žlaby
- Uspořádání kabelů – do trojúhelníku nebo v rovině

Velkou část svého obsahu norma věnuje problematice kabelů VN na hladině 110kV. Tato problematika bohužel přímo s tímto projektem nesouvisí. Souvisí pouze s trafostanicí 110/22kV, v blízkosti rozvodny 22kV. Je zde však uveden jeden „požadavek“ a to pokládka rezervních chrániček.

V našem případě se tedy jedná o kabely do 35kV, uložené v zemi. Pro tento případ nám norma říká „jak hluboko“ nám kabely být uloženy, což odpovídá normě ČSN 73 6005. Navíc nám ale říká, co má být také pod a nad kabely. Všeobecně stanovuje, že pod kabely ve výkopu musí být alespoň 80 mm jemnozrnného písku a stejná vrstva písku je musí zakrývat. Kabely VN do 35kV se musí navíc zakrýt betonovou nebo plastovou deskou. Nad kabely musí být také uložena výstražná fólie.

Pro mechanickou ochranu se doporučuje užití kabelových chrániček a rour takových, aby nebylo přenášeno mechanické namáhání na kabel. Toto řešení by mělo být uvažováno v místě předpokládaného zvýšeného mechanického namáhání. Vhodnými se jeví betonové a plastové žlaby, pevné a ohebné plastové roury nebo vícekomorové ochranné konstrukce. Do jedné komory, trubky, se ukládá pouze jeden proudový obvod.

Ukládání takovýchto konstrukcí je možné pouze na rovný, pevný a stabilní základ. Nerovnosti musí být vyrovnány a zpevněny. Na následující obrázku je znázorněn možný způsob uložení.



Obr. 17.: Uložení kabelů dle PNE 34 1050

Norma také řeší případ, kdy kabely budou procházet pod vozovkou. V tomto případě je dáno, že křížení musí být kolmo na komunikaci a přesah tvárnic, chrániček, musí být alespoň 600 mm za hranici komunikace. Uložení kabelů musí být provedeno tak, aby v případě údržby a výměny kabelů byla zajištěna možnost výměny kabelů bez nutnosti narušení vozovky. V neposlední řadě, chráničky musí být zakončeny, respektive jejich hrany tak, aby nepoškozovaly samotný kabel. ^[13]

V souvislosti s uspořádáním kabelů se jeví jako nejvhodnější varianta uložit kabely jednoho proudového obvodu do jedné chráničky v uspořádání do trojúhelníku.

Kladení kabelů v rozvodnách, v kabelových kanálech, je doporučeno respektovat normu ČSN 33 2000-5-523, která je v současnosti nahrazena normou ČSN 33 2000-5-52.

7.7.4 Skutečné provedení uložení kabelů.

Podíváme-li se a obrázek Obr. 13, vidíme, že v našem případě jsou kabely uloženy jak ve volném terénu, tak i pod vozovkou i chodníkem. Dalším problémem v tomto případě je souběh více kabelů v jedné trase, případně různé odbočené z trasy a související ohyby trasy. V některých částech je také kabelová trasa umístěna pochozí plochu, dlažbu, respektive vozovku, u které v případě nutnosti výměny kabelů bude obtížné zajistit stavební úpravy.

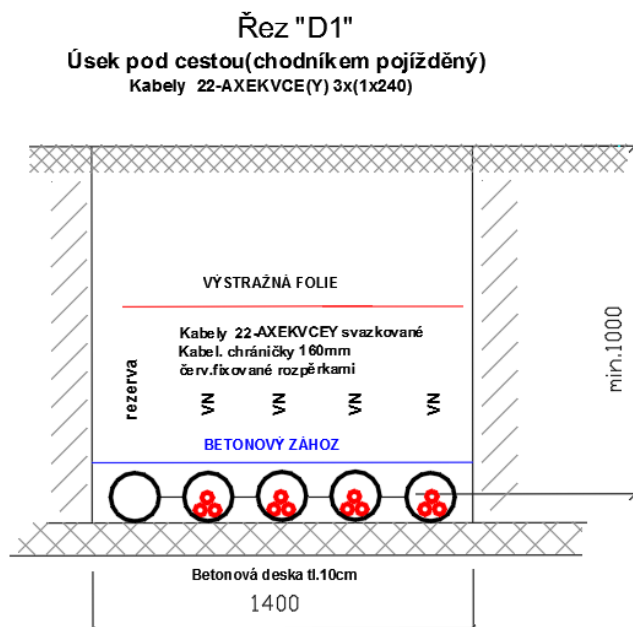
Vzhledem k těmto faktům je navrženo toto řešení:

- Ve volném terénu budou kabely uloženy v chráničkách, zasypány štěrkopískem a opatřeny výstražnou fólií
- V úsecích pod vozovkou nebo pojížděném chodníku budou kabely umístěny v chráničkách, které budou uloženy na betonových deskách a zakryty betonovým záhozem a opatřeny výstražnou fólií. Ve všech těchto případech je spolu s kabely uložena rezervní chránička
- Pro všechny případy budou kabely ve chráničkách svazkovány a chráničky odděleny rozpěrkami
- V místech odboček a ohybů pod chodníky budou umístěny betonové šachty.

Použití betonových desek pod chráničkami a betonový zához je použit z důvodu dostatečné fixace a mechanické ochrany chráničků v případě pohybu terénu nechtěnému zásahu těžkou technikou při různých výkopových pracích. V místech odbočení a ohybů je voleno betonových šachet z toho důvodu, jelikož je použit relativně velký a tuhý kabely, aby bylo možné kabely v případě potřeby vyměnit. Pokud by bylo případně zjištěna nemožnost použít stávající chráničku pro vyměněný kabel, je uložena spolu s chráničkami alespoň jedna rezervní.

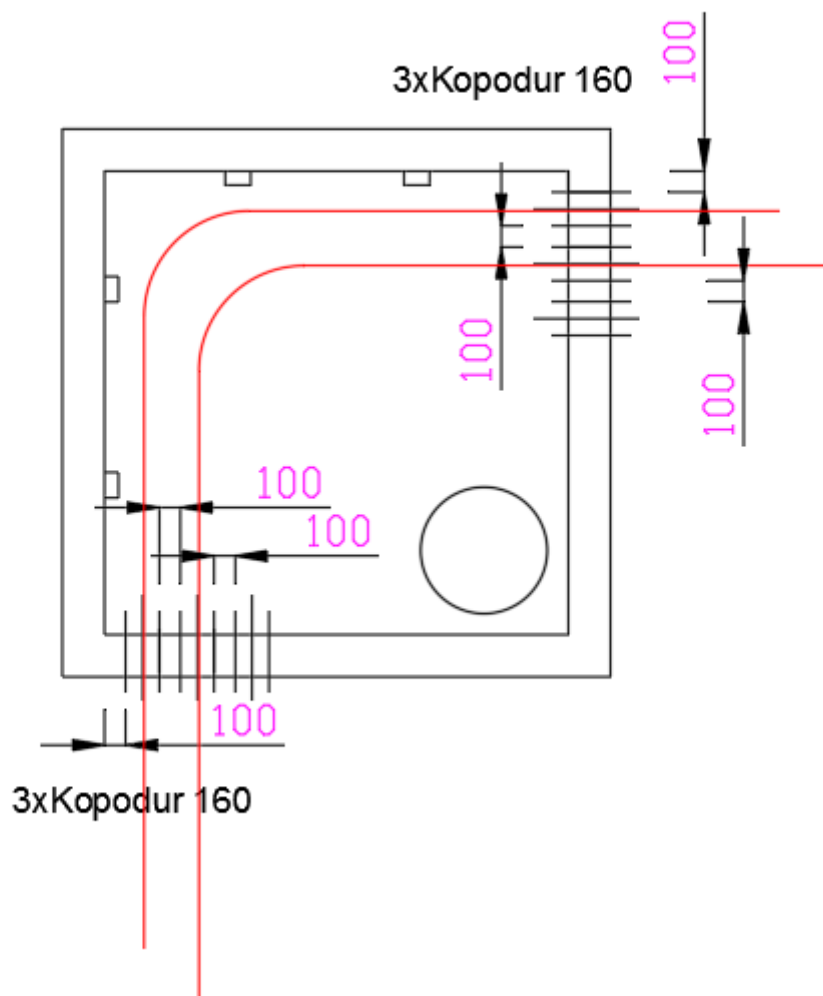
Ekonomicky bylo tedy vhodnější investovat do takto důmyslného systému uložení, než pracně a nákladně realizovat výkopy ve dlážděné ploše.

V areálu se tedy nachází trasy, ve kterých jsou uloženy 1 až 18 chráničků pro VN a NN kabely, spolu s 11 šachtami pro odbočení kabelů. Na následujících obrázcích je vyobrazeno typické řešení uložení kabelů a typické řešení šachty.



Obr. 18.: Typický příklad uložení kabelů v areálu

Vzorový půdorys



Obr. 19.: Příklad půdorysu šachty odbočení VN kabelů

7.8 Rozvodny VN a trafostanice v objektech

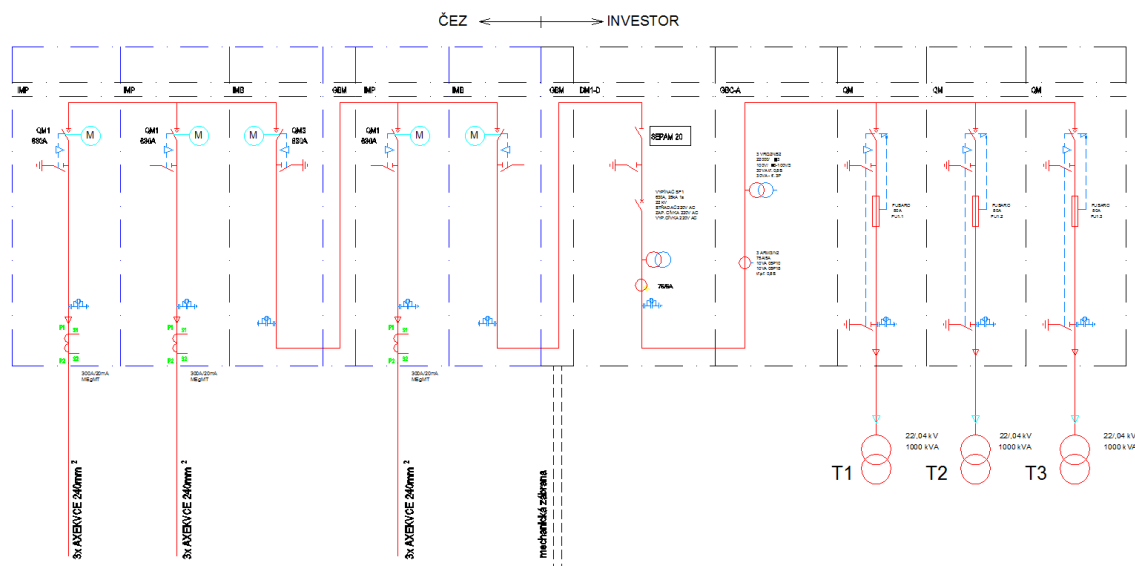
V jednotlivých objektech je situována většinou 1 až 2 VN rozvodny včetně trafostanic 22/0,4kV případně 22/6,3kV.

7.8.1 Rozvodny VN

Ačkoli ve rozvodny liší podle počtu vstupů VN kabelů, počtu výstupů pro transformátory, případně dle jmenovitých hodnot – proud/výkon; jsou všechny koncipovány stejným způsobem. Ve všech případech se jedná o rozvodny a trafostanice umístěné v objektu. V těchto rozvodnách jsou instalovány skříňové VN rozvaděče, které jsou typizované ve smyslu určení jednotlivých skříní. Výrobce rozvaděčů jako celku je firma Schneider-Electric. Skladba těchto skříní včetně značení výrobce je následující ^[15]:

- Vstupní pole
 - o skříň typu IMP
 - o výbava odpínač, motoricky ovládaný
 - o vstup ze zdola, výstup ze strany (zleva/zprava)
 - o se zemničem nebo bez (mechanická blokace ke spínacímu prvku)
 - o MTP na přívodu
- Podélná spojka
 - o skříň typu IMB
 - o výbava odpínač, motoricky ovládaný
 - o vstup ze strany (zleva/zprava), výstup ze strany (zleva/zprava)
 - o se zemničem (mechanická blokace ke spínacímu prvku)
- Pole vypínač
 - o skříň typu DM1-D
 - o výbava vypínač SF6 a odpojovač
 - o vstup ze strany (zleva/zprava), výstup ze strany (zleva/zprava)
 - o se zemničem (mechanická blokace ke spínacímu prvku)
 - o MTP a MTN pro 7 ochranu
 - o vybaveno digitální ochranou
- Pole měření
 - o skříň typu GBC-A
 - o výbava MTP a MTN dle požadavků distributora
 - o vstup ze strany (zleva/zprava), výstup ze strany (zleva/zprava)
- Pole výstupní
 - o skříň typu QM
 - o výbava odpínačem a pojistkami (VN pro transformátory)
 - o parametry pojistek dle voleného transformátoru
 - o se dvěma zemniči – před a za pojistkou (mechanická blokace ke spínacímu prvku)

Na následujícím obrázku je vyobrazena skladba VN rozvaděčů pro administrativní komplex, tedy budovu 1.B.002.



Obr. 20.: Vybavení rozvodny rozvaděčů 22kV pro vybraný objekt

Z obrázku je tedy patrné, že část polí je opět ve vlastnictví distributora, v tomto případě ČEZ distribuce, a část rozvaděčů je ve vlastnictví investora.

Distributor dodává pole související s „distribucí energie“ do místa odběru, tedy přívodní pole VN kabelů smyček, případně pole podélné spojky, pokud je více VN přívodů do objektu. Posledním polem ve vlastnictví distributora je pole podélné spojky, na které jsou napojeny VN rozvaděče investora. Tyto rozvaděče musí být shodného typu jako rozvaděče distributora, aby bylo zajištěno propojení jednotlivých polí.

Na straně investora je prvním polem pole vypínače s ochranou, pro ochranu dalších polí, tedy vývodů na smyčce. Pole je standardně vybaveno VN vypínačem a digitální ochranou. Dalším polem je pole měření, které musí být však vybaveno měřicími prvky dle požadavků distributora. Požadavky na tyto prvky jsou uvedeny v připojovacích podmínkách distributora, v tomto případně konkrétně v „PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY PRO UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍCH ZAŘÍZENÍ V ODBĚRNÝCH A PŘEDACÍCH MÍSTECH NAPOJENÝCH ZE SÍTÍ VN, VVN“ ČEZ Distribuce. Za uvedenými poli rozvaděčů pak pokračují pouze výstupní pole pro jednotlivé odběry – transformátory 22/0,4kV. Pro ochranu transformátorů jsou instalovány VN pojistky.

Jak již bylo zmíněno v předešlých bodech této práce, hranice dodávky je u velko-odběrů právě dané pole VN rozvaděče. Tato hranice je navíc prostorově určena ještě zábranou, plotem, v rozvodně.

Rozvodna u trafostanice NN odběrů v objektu 1.B002 je řešena obdobně, složena ze stejných polí, avšak do jisté míry jednodušeji. Odpadá nutnost pole měření, jelikož fakturační měření je až a vývodech NN, nejsou zde pole příčných spojek, jelikož se jedná o objekt na jednom vedení (smyčce) a není nutné udávat hranici mezi rozvaděči – podélná spojka. Bohužel zde je již řešena problematika navazujících zařízení – transformátory 22/0,4kV.

7.8.2 Trafostanice NN

Řešené trafostanice 22/0,4kV se nacházejí v objektu 1.B.006 (rezidence) a objektu 1.B.018 (Ústředna/Trojhalí). Pro příklad budeme uvažovat objekt rezidence. V tomto objektu jsou celkem 2 VN rozvodny, tedy 2 trafostanice VN/NN, které jsou vybaveny vždy dvojicí transformátorů o výkonu 630kVA. Výkon transformátorů je dán počtem bytů a dalších vývodů v objektu. Tato hodnota byla stanovena v bodě 7.2.

Samotné transformátory jsou olejové a jsou koncipovány v samostatných místnostech v blízkosti rozvodny VN a NN (jedna místnost).

Jak již bylo popsáno v předchozím bodě, transformátory jsou pouze jištěny na straně VN pojistkami a dále na straně NN jističem.

7.8.3 Rozvodny NN

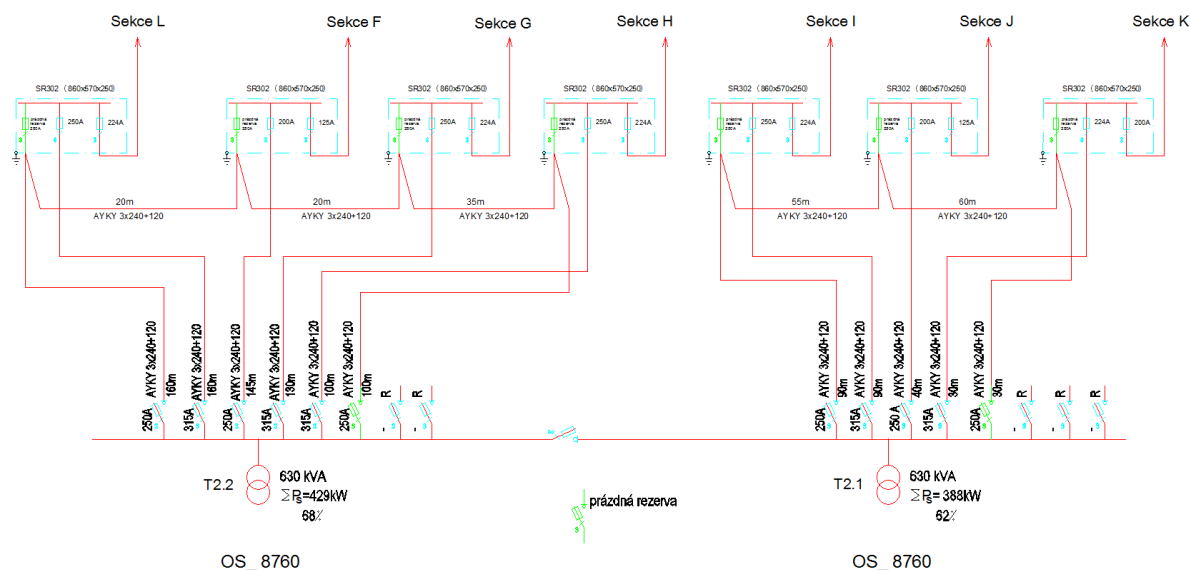
Tyto rozvodny slouží pro vyvedení výkonu z transformátorů až do odběrných míst NN. Samotná výbava rozvaděčů v rozvodnách je následující:

- kompenzace účinníku
- elektrická instalace trafostanice (osvětlení, zásuvky, vlastní spotřeba)
- pojistkové odpojovače pro podružné rozvaděče jednotlivých sekci

Rozvaděč jsou opět standardizovaným výrobkem a pro tento případ se skládají celkem ze 3 polí:

- první a polední pole jsou stejné a jsou vybaveny pro přívod z transformátoru a 8 vývodu pro „mříž“ bez směrové ochrany
- prostřední pole je vybaveno pouze rozpojovačem přípojníc ^[16]

Kromě samostatné rozvodny NN je zde nutné zmínit také systém napájení jednotlivých rozvaděčů pro uvažované sekce objektu. Napájení těchto objektů je řešeno právě mřížovou soustavou, která je znázorněna na dalším obrázku.



Obr. 21.: Schéma napájení NN

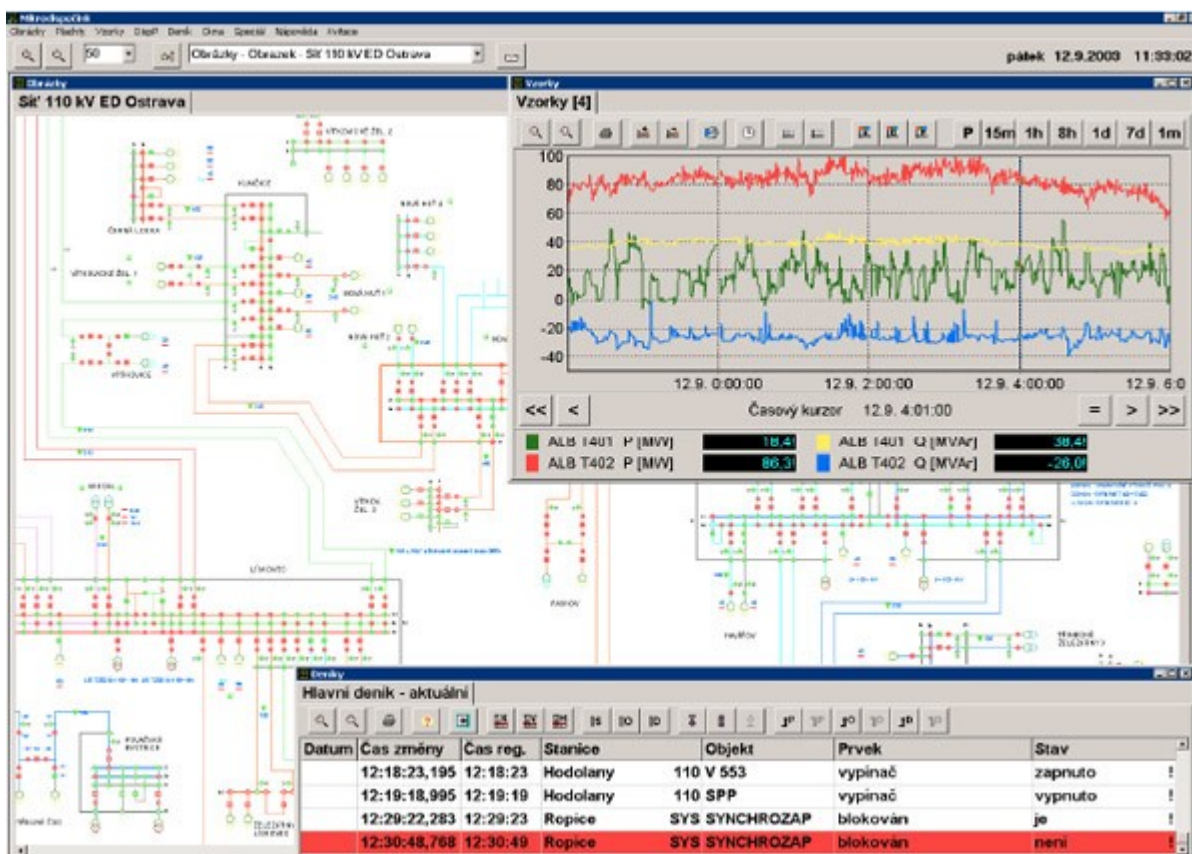
7.9 Řízení rozvoden

Jak již bylo zmíněno, velkoodběratelské rozvodny jsou vybaveny systémem pro dálkové řízení rozvoden. Je toho využito právě k případným změnám provozu, tedy pokud by byla zjištěna porucha a bylo vypnuté dané vedení VN, tak ať je možné bez zásahu na místě zajistit odpojení postiženého úseku a přesměrovat napájení po jiném vedení do požadovaného objektu.

Tento systém pro řízení byl zpracován samostatným projektem jinou firmou. Byl navržen systém RTU pro sběr analogových (měření napětí, proudu, výkonů) a digitálních údajů (stav spínacích a jisticích prvků) a pro řízení motorických pohonů spínacích prvků (odpínače a odpojovače). Pro zajištění provozu těchto systému jsou vybaveny nezávislými zdroji založenými na akumulátorech.

Tyto systém komunikují po síti GSM nebo GPRS po standardizovaných protokolech určených právě pro toto použití – například: IEC 60870-5-101/3/4.

Tyto data jsou přenášena na dispečerské pracoviště distributora, kde jsou následně zpracovány a vhodně vyhodnoceny. Konkrétně byla nasazena jednotka RTU7M firmy ELVAC. Na následujícím obrázku lze vidět možné řešení vizualizace rozvoden ^[21].



Obr. 22.: Možná vizualizace rozvoden vybavených dálkovým řízením

8. Zhodnocení napájení hlavních objektů Ostrava-Nová Karolína po základním provozu

8.1 Zhodnocení po realizaci I. Etapy

Od okamžiku spuštění areálu do provozu, tedy od roku od roku 2012, nebyly zaznamenány širokou veřejností poruchy a výpadky napájení v areálu. Ačkoli nejsou k dispozici konkrétní záznamy o poruchách, případně o opravách prováděné distributorem, tak je navržené řešení pro I. etapu areálu bylo více než vyhovující.

Bohužel po seznámení s projektem lze říci, že v průběhu realizace této etapy bylo řešeno mnoho změn a úprav v zadání, které měly důsledky v konečném řešení.

8.2 Analýza naměřených odběrů

Stejně jako údaje o provozních stavech v areálu, nejsou oficiálně k dispozici ani změřené odběry jednotlivých objektů, tudíž ani nemohou být prezentovány.

S jistotou lze však popsat následující:

- celkově byl areál navržen ve smyslu zásobování elektrickou energií více než bohatě a nejsou tedy původně uvažované odběry tak velké, jak bylo uvažováno
- jednotliví nájemníci také nevyužívají plných dostupných kapacit
- nejsou v současnosti plně obsazeny všechny realizované objekty (kanceláře, bytové jednotky, obchodní prostory...)
- asi největší rozdíly oproti předpokladu v současné době vykazuje objekt Centrálního zdroje chladu. Výsledný odběr je výrazně nižší, jelikož zdroj chladu byl konstruován pro zásobování chladem celého areálu, tedy i objektů, které v současnosti ještě nejsou realizovány.

Tato informace byla potvrzena zástupci inverterů a provozovatelů s případným přehodnocením aktuálního soudobého příkonu.

Při zvážení výše uvedených informací je zřejmé, že pokud by bylo potřeba napojit další objekty v dalších etapách projektu, na již stávající smyčky, bylo by to možné. Před rozhodnutím o napojení na tyto smyčky by bylo vhodné, aby byla provedena analýza odběrů.

Tuto věc by řešil například vhodný systém energetického monitoringu založený na standardech ISO 50001. Znamenalo by to měření všech odběrů energií, a v tomto případě vybavení alespoň hlavních vývodů z rozvodů NN měřicími přístroji s možností archivace údajů.

9. Návrh napájení dalších objektů v oblasti Ostrava-Nová Karolína

9.1 Nové objekty a jejich požadavky

Jak již bylo uvedeno v 7.1, již v roce 2013 byla kromě myšlenek dokončena i studie a nižší stupně projektových dokumentací zabývající se rozšířením areálu. Druhá etapa má na starost rozšířit areál o více prostor administrativního typu a bytových jednotek. Nebude se již jednat o velké objekty, nýbrž o více malých objektů.

Původní areál měl být rozšířen o následující objekty:

Tab. 10.: Uvažované objekty v rámci II. etapy

Původní označení	Účel	Nové označení
2.A	Administrativní objekt A	2.A
2.B	Administrativní objekt B	2.B, 2.C
2.C	Administrativní objekt C	2.E1
-	Wellness / sport / restaurace	2.D
2.D	Bytový dům D	2.E2
2.E	Bytový dům E	2.F
2.F	Bytový dům F	2.G1
2.G	Bytový dům G	2.G2
2.H	Bytový dům H	2.G3
2.I	Bytový dům I	2.G4
2.J	Bytový dům J	2.G4
2.K	Bytový dům K	2.G5
2.L	Bytový dům L	2.G6
2.M	Bytový dům M	2.G7

Vzhledem k úpravám objektu byly objekty přejmenovány, respektive některé rozděleny a další případně sloučeny. Byl také doplněn jeden objekt – Wellness / sport / restaurace. Následující údaje vycházejí z posledních platných dat v době plánování kompletní dostavby areálu – důvod, proč je řešeno „kompletní“ bude vysvětleno později.

Oproti I. etapě je nyní výrazně větší počet objektů, avšak při hlubší analýze jsou objekty menší, a tudíž mají i výrazně nižší požadavky na příkon. Administrativní objekty budou opět posuzovány vzhledem k distributorovi jako velkoodběry a zbylé objekty, bytové domy jako odběrná místa NN. V následující tabulce jsou uvedeny odběry objektů a rozdělení trafostanic. Jsou zde také uvedeny počty jednotlivých míst. Jelikož se v bytových domech nacházejí kromě bytů, kterých je počet pevně dán, také komerční prostory, je stanoven příkon dle počtu bytů a uvažována rezerva. Tato rezerva respektuje jak společné zařízení pro bytové domy, tak i příkon předem nespecifikovaných komerčních objektů, které zaujímají přibližně 10 % celková plochy objektů. Celkový příkon těchto objektů je stanoven na základě výpočtů a zkušeností projektanta v dané problematice.

Tab. 11.: Požadované soudobé příkony a počet odběrných míst pro jednotlivé objekty

Objekt	Označení trafostanice	Popis	P _s (MW)	Počet odb. míst NN/VN
A	TS 2A	Administrativní objekt	1,38	0/1
B	TS 2B	Administrativní objekt	1,8	0/1
C		Administrativní objekt		
D	TS 3	Wellness / sport / restaurace	0,6	0/1
E1	TS 2E	Administrativní objekt	0,66	0/1
E2	DTS 2G	Byty, komerční prostory	1,0	38+x/0
F		Byty, komerční prostory		27+x/0
G1		Byty, komerční prostory		55+x/0
G2		Byty, komerční prostory		29+x/0
G3		Byty, komerční prostory		27+x/0
G4		Byty, komerční prostory		52+x/0
G5		Byty, komerční prostory		14+x/0
G6		Byty, komerční prostory		14+x/0
G7		Byty, komerční prostory		8+x/0

Objekt s označením D a trafostanice TS 3 je již od prvních fází projektu vyškrtnut z plánů II. etapy. Proto je ponechán v navrhovaném řešení, avšak dále nebude řešen.

Celkový příkon nových objektů by tedy neměl přesáhnout 5,44MW. Možnosti napojení se jeví několik – od nových napáječů, přes doplnění o nový napáječ až po napojení na stávající vedení. Celkový příkon nových objektů není vysoký, avšak ani zanedbatelný, proto můžeme uvažovat o začlenění do stávajících smyček. Tomuto faktu také nahrává rozložení nových objektů napříč celým areálem.

9.2 Možnosti využití rezerv ve smyčkách, doplnění dalších vývodů z rozvodny

Zdůvodnit proč jsou nyní uváděné instalované výkony nižší

Možnost využití rezerv spočívá v uvážení dvou faktorů:

1. faktorem je původní uvažované zatížení smyček z I. etapy
2. faktorem je skutečnost, že ačkoli nejsou k poskytnutí skutečné údaje o celkových naměřených odběrech elektrické energie, tak jsou známy spotřeby například spotřeby jiných energií (chladu) nebo vyjádření provozovatelů jednotlivých objektů.

Pro uvažované odběry, které byly požadovány před započítáním stavby I. etapy jsou níže uvedeny dovozené odběry na základě různých zjištění.

Tab. 12.: Přehodnocené příkony objektů I. etapy v rámci II. etapy

Popis objektu	Označení	Původní požadovaný příkon	Příkon na základě analýzy
Obchodní centrum	1.B.003	6,66 MW	3,8 MW
Administrativní komplex	1.B.002	2,25 MW	1,86 MW
Rezidence	1.B.006	1,46 MW	1,812 MW
Trojhalí	1.B.018	0,315 MW	0,315 MW
Centrální zdroj chladu	CZCH	3,4 MW	2,9 MW
PS Dalkia	-	0,165 MW	0,165 MW

Po zhodnocení uvedených odběrů vzhledem k začlenění do jednotlivých smyček lze vidět, že ve vývodech je zatížení většinou nižší kromě vývodu VN 2067, která je ztížená přibližně stejně, jak bylo uvažováno.

Pro návrh další etapy rozvoje nebudeme uvažovat skutečnosti, že příkonů objektů klesly, ale zachováme stávající stav, aby byl zajištěn původní požadovaný příkon. Celkový příkon areálu po II. etapě bude dán takto:

- | | |
|-----------------------|----------|
| - požadavky II. etapy | 5,44 MW |
| - požadavky I. etapy | 14,25 MW |
| - Celkem | 19,69 MW |

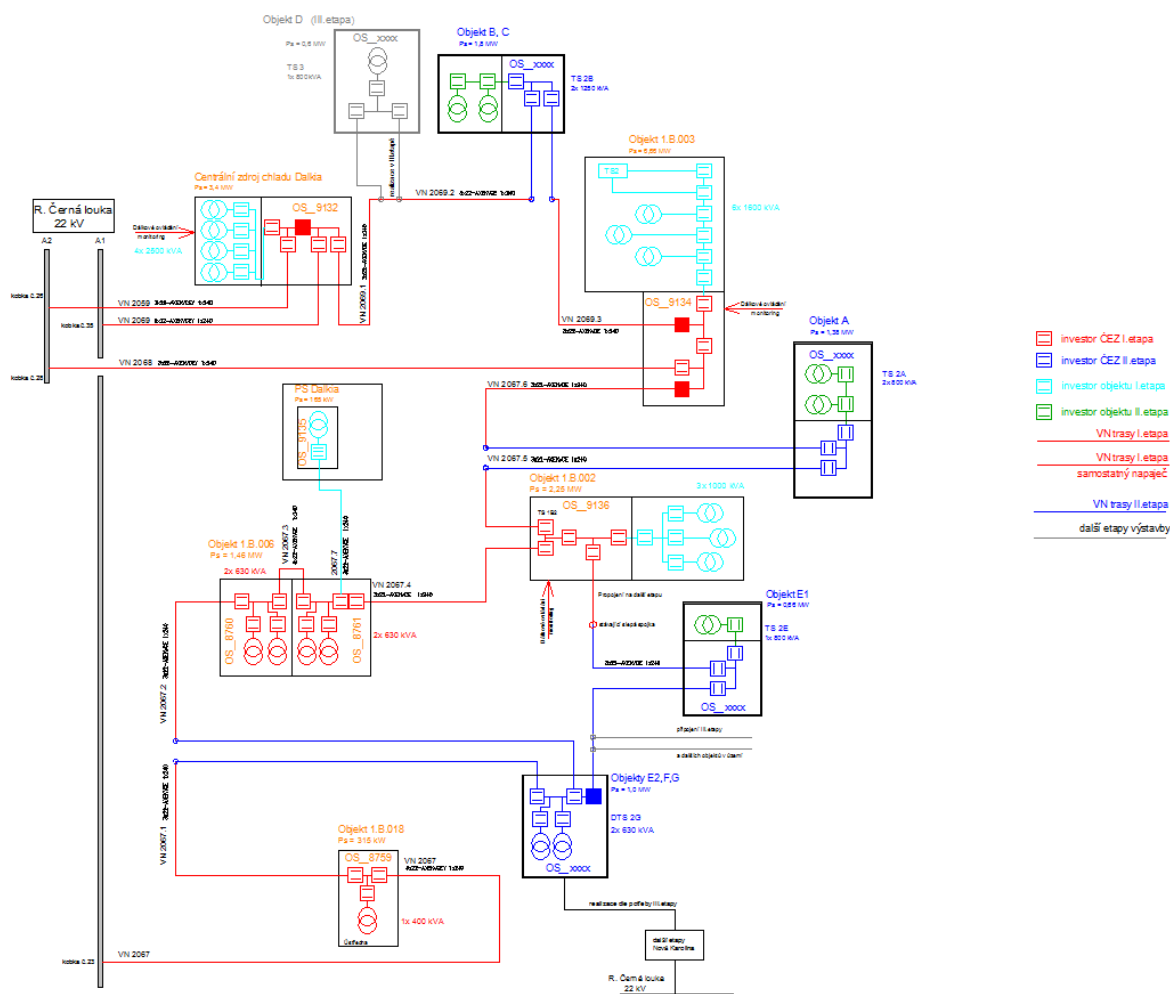
Teoreticky je na 4 současných VN přívodech poskytnout výkon kolem 50 MW. Proto se v tomto okamžiku jeví jako zcela zbytečné doplňovat stávající vývody o nové, které by stejně nebyly vytěžovány a ani nepřispěly ke spolehlivosti.

9.3 Umístění objektů vzhledem k jejich začlenění do sítě (smyček), návrh řešení

Objekt A, E1 a objekty B a C budou napájeny samostatnou trafostanicí vzhledem k povaze odběru a jejich umístění v areálu. Pro bytové domy bude dostačující vzhledem k uvažovanému příkonu pouze jedna trafostanice.

U trafostanic TS 2A, TS 2B a TS 2E využijeme úvah z výstavby sítě v I. etapě, tudíž se v místě těchto objektů, nebo jejich těsné blízkosti, již nachází uložené VN vedení. Díky této skutečnosti bude v případě výstavby objektu stávající kabel přerušen, spojen pomocí vhodných spojek a doveden do místa VN rozvaděče. U trafostanice DTS 2G je situace poněkud horší – v těsné blízkosti není stávající VN vedení. Pro tuto stanici bude vybudována nová kabelová trasa. Jelikož se jedná o komplex bytových domů, je zde snaha vystavět trafostanici dále od těchto budov. Pro stanici tedy volíme místo na okraji areálu, a navíc také získáme pozici, ze které můžeme v budoucnu napojit další objekty – toto možnost nabízí zatím nezastavená plocha v blízkosti uvažované stanice.

Na následujícím obrázku je vyobrazeno schéma napojení nových objektů v rámci již stávajících kabelových tras z I. etapy.



Obr. 23.: Schéma VN doplněné pro II. etapu

Například pro napojení trafostanice TS 2E využijeme rezervního vývodu, se kterým bylo již počítáno při realizaci I. etapy přímo pro případné rozšíření areálu tímto směrem. Z tohoto důvodu navrhujeme při realizaci II. etapy u objektů TS 2E a DTS 2G přípravu pro napojení dalších objektů v rámci dalšího rozšíření areálu – nabízí se k tomu zatím nezastavěná plocha – III. etapa.

Zanesením nových tras do půdorysu areálu získáme lepší představu o tom, proč navrhujeme právě tato varianta napojení. Zde je vidět i případné „vytlačení“ stanice DTS 2G na okraj areálu.



Obr. 24.: Dispozice rozvodů VN doplněných o II. etapu

9.4 Výpočty, návrh nového vedení

Nové objekty můžeme tedy začlenit do stávajících smyček. Musíme však brát v úvahu, co je již na smyčkách napojeno, tudíž vhodně začlenit odběrná místa do smyček tak, aby smyčky nebyly přetíženy a nebyly zbytečně trasy prodlužovány.

Pro napojení stanice TS 2B se vzhledem k umístění objektu nejlépe nabízí využít smyčku VN 2069. Toto vedení v současné době nebylo využíváno.

Pro napojení stanic TS 2A, TS 2E a DTS 2G se jeví nejlépe využít vedení VN 2067 sloužící pro rezidenci, administrativu a Trojhalí.

Vedení VN 2059 zůstává pro CZCH.

Celkově v se provozní stavy jednotlivých spínacích prvků nemění, pouze se bude využívat rezervní vedení NV 2069.

Zatížení jednotlivých vedení v provozním stavu by mělo být následující:

- VN 2059	3,4 MW
- VN 2069	2,4 MW
- VN 2068	6,66 MW
- VN 2067	7,23 MW

Kabely pro napojení nových objektů zůstanou stejného typu jako již použité, tedy kabely 3x22-AXEKVCE 1x240. Stejně také zůstane jejich uložení – v chráničkách v zemi, v terénu zasypány štěrkopískem, pod vozovkou a chodníky na betonové desce s betonovým záhozem.

Toto rozhodnutí je dáno několika důvody. Prvním může být to, že rozpojujeme stávající trasy a volba jiného (například s redukováným průřezem nebo jiný typ izolace) vedení by byla spíše na škodu. Dalším důvodem je například, že při zmenšení průřezu nebo uložení bychom si omezili přenášený výkon vedením, i když není zatím využíván do svého maxima.

Tato úprava – prodloužení vedení, se dotkne pouze nastavení ochran na vývodech v rozvodně 22kV vzhledem ke změně impedance smyček. Tato problematika je řešena samotným distributorem.

9.5 Možné situace při výpadku napáječů

Vhodným se jeví také zamyšlení nad situací, co se může stát, když vypadne některý z napáječů. V původním projektu tato situace byla v podstatě řešena tak, že byly 4 napáječe rozděleny do dvou různých transformátorů, takže při výpadku nebo údržbě jednoho z nich, nebo například při porušení některého z vedení bylo vždy možné napájet celý areál i s polovinou vývodů. Při mírném zvýšení dodaného výkonu na jeden vývod bylo možné napájet celý areál i takovýmto vývodem.

Tohoto řešení již není v současnosti možné dosáhnout, jelikož byl navýšen příkon areálu. Pokud by byl zjištěn výpadek některého z napáječů, je nezbytné provést rekonfiguraci jednotlivých spínacích prvků.

Můžeme tedy popsat některé situace při výpadku jednotlivých napáječů:

- Výpadek napáječe VN 2059 a VN 2068 (výpadek na sběrnici A2):
 - Tento výpadek by měl za následek výpadek napájení pro objekty CZCH a obchodního centra.
 - Řešením by bylo provést napájení objektů CZCH, obchodního centra a trafostanic TS 3 a TS 2B pomocí vedení VN2069. Zbytek objektů napojit vedením VN 2067. Výsledná „smyčka by procházela přes všechny objekty, avšak by byla rozpojena v rozvodně obchodního centra.
 - Toto řešení by mělo za následek při výpadku některého z dalších napáječů výpadek napájení podstatné části areálu.
 - Využití vedení by bylo následující:

▪ VN 2059	0 MW
▪ VN 2069	12,46 MW
▪ VN 2068	0 MW
▪ VN 2067	7,23 MW
 - Toto řešení je tedy možné pouze jako nouzové řešení
- Výpadek napáječe VN 2069:
 - Tento výpadek by měl za následek výpadek napájení pro stanice TS 3 a TS 2B
 - Řešením by bylo provést napájení objektů pomocí vedení VN2068 nebo VN 2059. Stanice na VN 2067 by zůstaly beze změny.
 - Toto řešení bylo možné používat i po delší dobu, jelikož by zůstávaly stále 3 vývody.
 - Využití vedení by bylo následující:

▪ VN 2059	5,8 MW
▪ VN 2069	0 MW
▪ VN 2068	6,66 MW
▪ VN 2067	7,23 MW
nebo	
▪ VN 2059	3,4 MW
▪ VN 2069	0 MW
▪ VN 2068	9,06 MW
▪ VN 2067	7,23 MW

Takovýchto řešení a úvah se je jeví mnoho a v podstatě jsme pouze omezení tím, jaký je maximální možný dodaný výkon na dané vedení a jak jsou objekty vzájemně propojeny.

9.6 Možné alternativy

Jak bylo uvedeno, v současném stavu není nic potřeba doplňovat žádné nové napáječe. Tato skutečnost vychází dostatečného výkonu na stávajících, požadavky nových objektů a dispozičním umístění objektů.

Doplnění nových napáječů by přispělo maximálně k zajištění dodávky při současném výskytu více výpadků – viz předchozí bod práce.

Ačkoli je tato informace známa, nemůžeme říct, že tato situace je pravděpodobná a nastane.

9.7 Zdůvodnění návrhu

Při návrhu rozšíření areálu jsme byli v podstatě omezeni jen možnostmi rozvodny 22kV a původním projektem I. etapy.

Z tohoto důvodu jsme volili možnost využití rezerv, se kterými bylo pávě pro tuto potřebu počítáno. Také jsme již ve fázi II. etapy navrhli rozmístění stanic a vedení tak, aby v případě dalšího rozšíření areálu do nezastavěných ploch bylo možné využít rezervy ze stávajících vedení nebo jako zálohu pro případné budoucí vedení.

Samotný návrh vedení poté vychází jak ze standardů, které se očekávají (vycházející z metodik a požadavků legislativy případně distributora) tak také z kompatibility s původním návrhem (kabely, jejich uložení, vybavení rozvoden, ...).

10. Změna v projektu II etapy

10.1 Budované objekty v rámci II. etapy

Jelikož v době zpracování této práce byly po zpracování původních podkladů na rozšíření areálu zaslány nové, dále budou popsány změny, respektive aktuální obsah II. etapy.

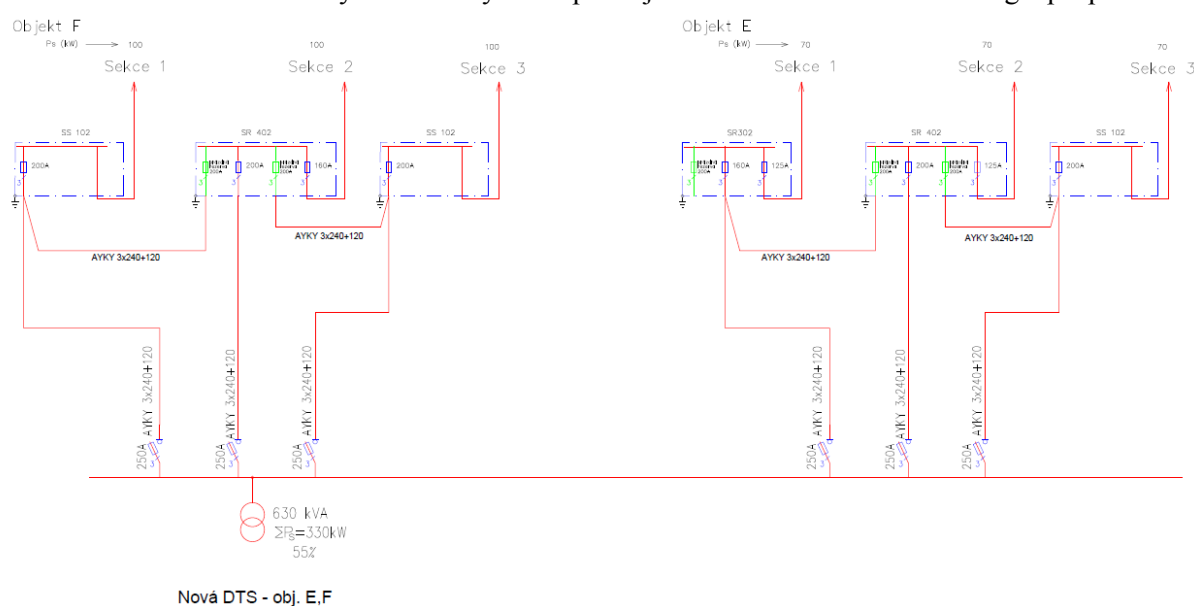
Rozšíření této etapy bylo výrazně zredukováno. Tato redukce pravděpodobně souvisí s nezájmem investorů, případně nevýhodnosti pro nové nájemce – „nebudou stavěny objekty, o které by stejně neměl nikdo zájem“.

Původní rozsah, tedy uvažované objekty A až M, respektive podle dalšího značení A až G7, byly redukovány do takové podoby, že nyní začíná pouze výstavba bytového domu F (G1) a plánuje se výstavba bytového domu E (F).

S touto informací se výrazně redukuje nezbytné úpravy stávajících vedení a nutnosti výstavby nových trafostanic. Pro tento případ budou zrušeny stanice TS 3, TS 2B, TS 2A, TS 2E a zůstává pouze uvažovaná stanice pro bytové domy – DTS 2G.

Ovšem ani toto řešení nezůstane vzhledem k tomu, že není zajištěno, že budou realizovány i další bytové domy, a trafostanice v původním místě by byla vzdálena. Proto je navrženo řešení trafostanice o menším výkonu, která bude situována na jižní straně objektu F (G1) a v případě a rozšíření o další objekty se vystaví trafostanice dle původně uvažovaného řešení.

Požadovaný soudobý příkon pro nové bytové domy byl stanoven na 330kW. Pro tyto potřeby se nejlépe jeví použití standardizované kioskové stanice, dle standardů ČEZ. Každý z objektů je rozčleněn na 3 sekce a bude využito tvorby mříží pro zajištění dodávek elektrické energie při poruše.

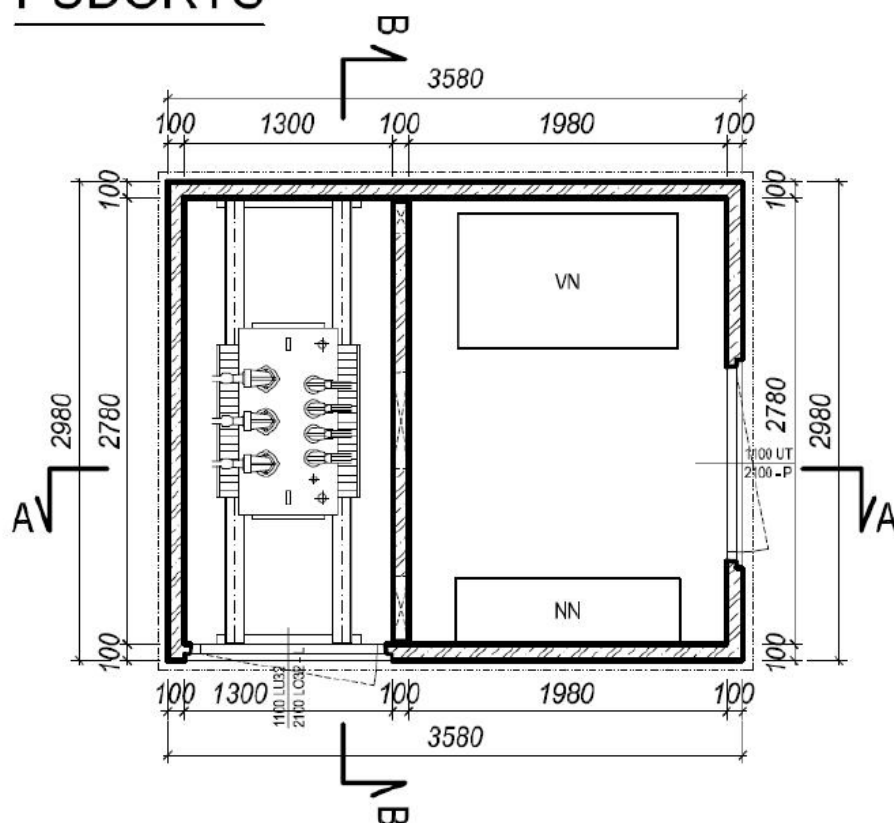


Obr. 25.: Schéma napájení NN pro bytové domy II. etapy

Pro takto relativně malé příkony je vhodné použití kioskové rozvodny s transformátorem. Další výhodou takovéto stanice pro toto použití je fakt, že se v další fázi výstavby areálu může tento návrh změnit a bude využita například rozvodna umístěná v některém z objektů. Kiosková trafostanice je volena z typových řad a je připravená pro dovybavení dle potřeby. Toto vybavení je specifikováno samostatně dle potřeby. Skládá se tedy z 2 částí:

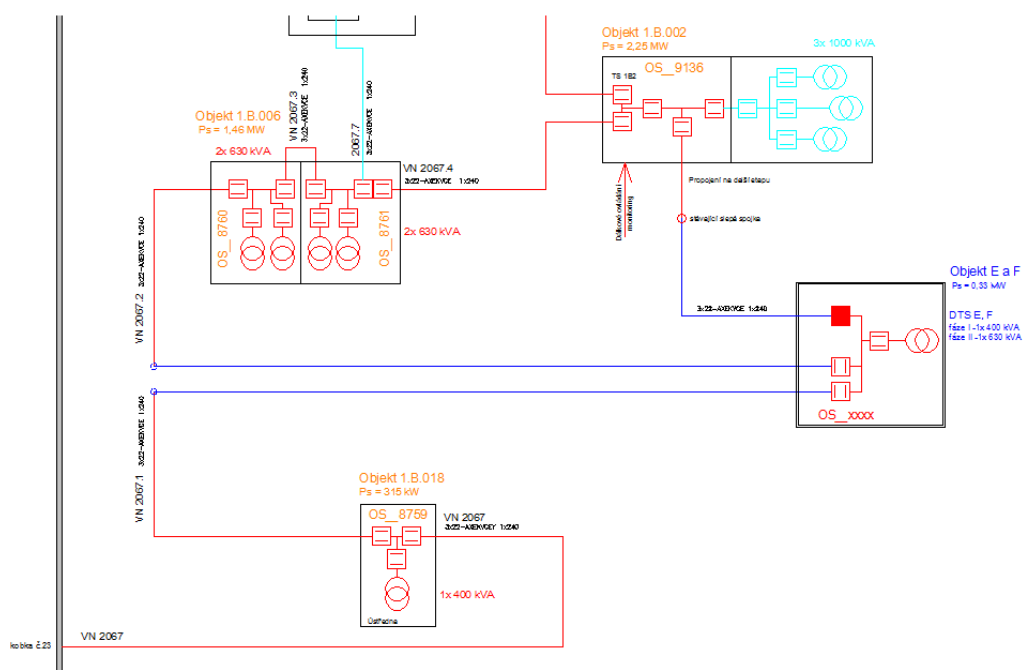
- Trafostanice – osazena transformátorem 1x400kVA nebo 1x630kVA
- Rozvodna – osazena VN rozvaděči – 4 pole; a NN rozvaděči 3 pole

PŮDORYS



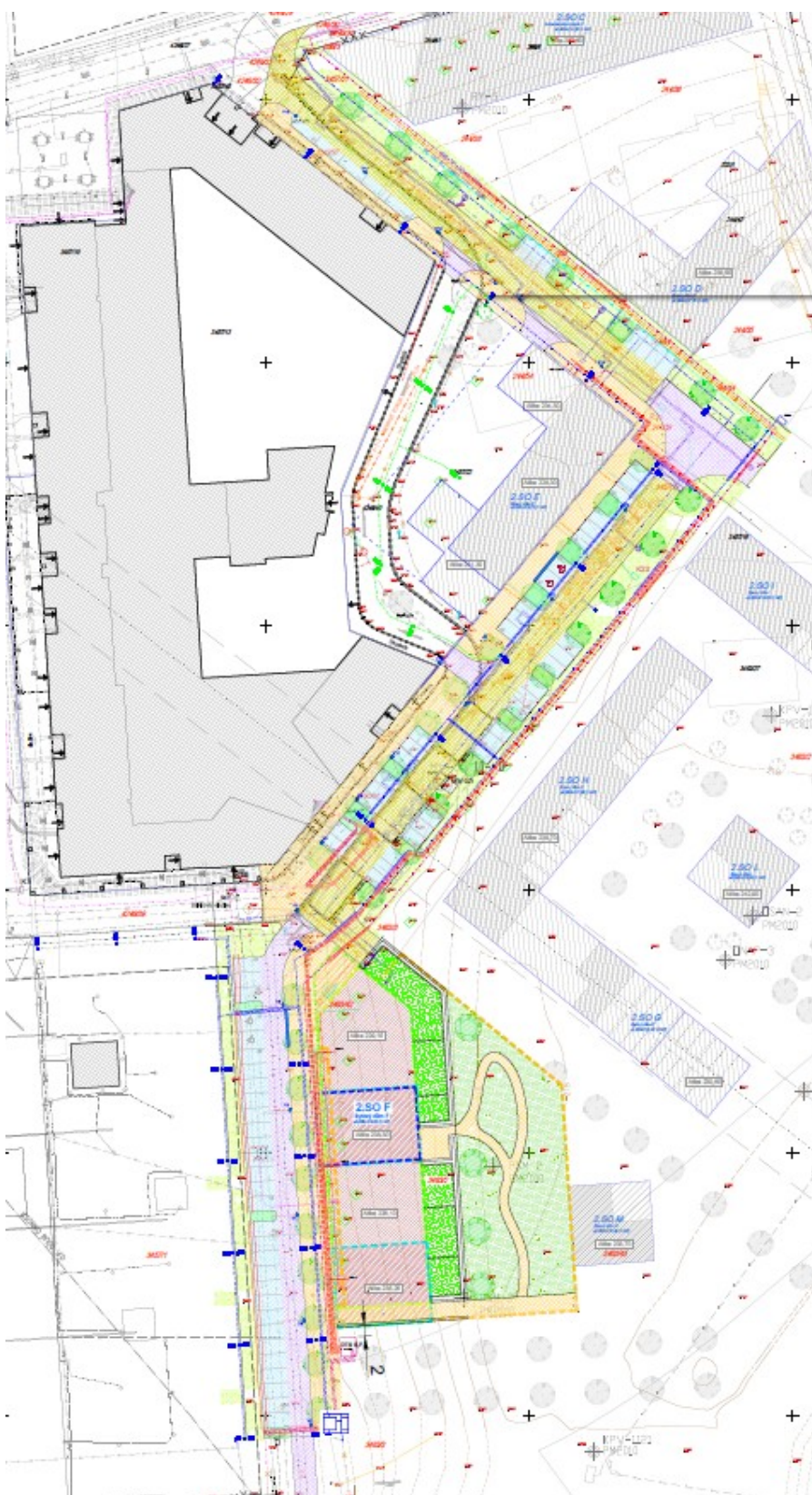
Obr. 26.: Dispozice kiosku pro trafostanici 22/0,4kV

Stanice bude začleněna na smyčku VN 2067 mezi objekty 1. B.018 a 1.B.006. Je zde také příprava pro napojení z objektu 1.B.002 a tedy příprava pro další trafostanici v původně uvažovaném místě. Tyto rozhodnutí jsou provedeny z toho důvodu, že v místě nových objektů budou prováděny i úpravy okolí – chodníky a cesty.



Obr. 27.: Schéma VN pro realizované objekty II. etapy

Na posledním obrázku jsou znázorněny uvažované budované objekty v půdorysu, umístění trafostanice a umístění kabelových tras.



Obr. 28.: Dispozice rozvodů VN realizované objekty v II. etapě

11. Závěr

Jak již bylo popsáno v úvodu této práce, byly zde uvedeny jak teoretické poznatky, tak jejich srovnání s praxí. Všechny body zadání práce byly alespoň v nejmenším přípustném rozsahu probrány.

V teoretické části bylo čerpáno z publikací věnující se elektrizační a distribuční soustavou, tak i dimenzováním silového vybavení prvků distribuční soustavy. Vzhledem k předpokládanému rozsahu práce nemohly být probrány všechny teoretické předpoklady do úplné podrobnosti.

V praktické části bylo využito uvedených teoretických předpokladů pro návrh lokální distribuční sítě se souvisejícími zařízeními, tak i legislativou, které není výuka na VŠB-TUO věnována. Samotný návrh využívá jak zkušeností řešitele problematiky, tak také ulehčení, které vycházejí z metodiky distributora případně výrobců jednotlivých zařízení.

Samotné navržené řešení, a tedy i výsledek této práce, není navrženo tak, aby respektovalo pouze teoretické znalosti a není také navrženo řešení, které respektuje pouze požadavky legislativy. Avšak jsou důvody, proč je navržené řešení je jedno z nejlepších řešení, které respektuje převážně zkušenosti techniků, kteří mají velké zkušenosti s provozem lokálních distribučních sítí. Výsledné řešení také respektuje úvahy do budoucna, kdy se může areál rozšiřovat – pro je například použitá výrazně předimenzovaná VN kabeláž.

Bohužel, navržené řešení, které je popsáno v bodě 9 této práce, je pouze teoretické řešení a prakticky nebude nikdy využito, nebo alespoň ne v blízké době. Proto byla práce doplněna o bod 10, která respektuje řešení, kterého se bude přinejmenším obdobné řešení v blízké době realizovat, jelikož již započala výstavba uvažovaných objektů. Dalším problémem při řešení této práce se vyskytl v souvislosti s neochotou provozovatelů objektů v areálu s poskytnutím některých údajů – konkrétně poskytnutí fyzických podkladů o provozu sítě.

Cílem práce bylo analyzovat energetické řešení v uvažované oblasti a návrh nového řešení pro rozšíření areálu. Tyto požadavky byly v této práci splněny.

Použitá literatura a další zdroje:

- [1] HRADÍLEK, Zdeněk. Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1696-8.
- [2] HRADÍLEK, Zdeněk. Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení. Ostrava: VŠB-TU Ostrava ve vydavatelství Montanex, 2008. ISBN 978-80-7225-291-6.
- [3] KRYCHTÁLEK, Zbyněk a Josef PAUZA. Elektrické stanice. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-03-00075-0.
- [4] SANTARIUS, Pavel. Elektrické stanice a vedení. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. ISBN 80-7078-032-0.
- [5] TOMAN, Petr. Provoz distribučních soustav. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [6] MLČÁK, Tomáš a Václav VRÁNA. 15. DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH VEDENÍ. In: VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky – Katedra elektrotechniky [online]. Ostrava, 2008 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FMMI/Prednasky/15_dimenz_sylab_bc.pdf
- [7] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. Rozvodná zařízení. Brno, 2015. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně.
- [8] ČSN 33 2130 ED. 3. Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [9] ČSN 33 2000-5-52 ED. 2. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [10] ČSN 33 2000-4-43 ED. 2. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] ČSN 73 6005. Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994.
- [12] PNE 34 7625 ED.4. VN KABELY SE ZESÍTĚNOU PE IZOLACÍ PRO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ DO 35 KV. Praha: České sdružení regulovaných elektroenergetických společností, 2011.

- [13] PNE 34 1050. KLADENÍ KABELŮ NN, VN A 110 KV V DISTRIBUČNÍCH SÍTÍCH ENERGETIKY. Praha: České sdružení regulovaných elektroenergetických společností, 2011.
- [14] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
- [15] Katalog Schneider-Electric SM6 Modulární rozvaděče: Rozvodny VN [online]. 2012 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=S1256&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=6895356114&p_File_Name=S1256.pdf
- [16] Katalog ESB Rozvaděče RDO 1000: Typové skříňové rozváděče nn [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.esb-rozvadece.cz/unify/esb-rozvadece/download/rozvadece-nn/ESB-katalog-RDO1000-2013.pdf>
- [17] Katalog NKT Cables 22-AXEKVCE: Silové kabely s izolací ze zesíťného polyetyleny [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.nktcables.de/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/22-AXEKVCE+DS+CZ+EN.pdf
- [18] Katalog NKT Cables 22-AXEKVCEY: Silové kabely s izolací ze zesíťného polyetyleny [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.nktcables.de/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/22-AXEKVCEY+DS+CZ+EN.pdf
- [19] PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY NN: pro osazení měřicích zařízení v odběrných místech napojených z distribuční sítě nízkého napětí [online]. Děčín: ČEZ Distribuce, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/pripoj_podminky/cezdistribuce_pripojovacipodminkynn_20150601_web2.pdf
- [20] PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY PRO UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍCH ZAŘÍZENÍ V ODBĚRNÝCH A PŘEDACÍCH MÍSTECH NAPOJENÝCH ZE SÍTÍ VN, VVN [online]. ČEZ Distribuce, 2009 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/kpp-ab-2009.pdf>
- [21] RTU ELVAC Komplexní řešení pro energetiku: Dispečerský SCADA systém Mikrodispečink [online]. Ostrava: ELVAC [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.rtu.cz/reseni/dispecersky-scada-system-mikrodispecink>
- [22] Oblast Karolina Ostrava [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.msstavby.cz/projekty/karolina/>

- [23] Projekt Nová Karolina [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.nova-karolina.cz/clanky/projekt-nova-karolina/>

Seznam obrázků:

Obr. 1.: Schéma elektrizační soustavy	13
Obr. 2.: Druhy rozvodů	14
Obr. 3.: Používané zapojení transformátorů v distribučních soustavách VN.....	22
Obr. 4.: Příklad okružní sítě NN	24
Obr. 5.: Zjednodušená mřížová síť NN	25
Obr. 6.: Klasická mřížová síť NN	26
Obr. 7.: Dvou systémová mřížová síť NN.....	26
Obr. 8.: Jedno systémová mřížová síť NN	27
Obr. 9.: Oblast Nová Karolina	34
Obr. 10.: Uvažované objekty v II. etapě výstavby	35
Obr. 11.: Příklad schéma rozvodny 22kV – Černá louka.....	38
Obr. 12.: Schéma VN pro I. etapu.....	41
Obr. 13.: Dispozice rozvodů VN pro I. etapu	43
Obr. 14.: Příklad hranice dodávky mezi investorem a distributorem.....	44
Obr. 15.: Katalogový list použitého kabelu – 22-AXEKVCE	46
Obr. 16.: Katalogový list použitého kabelu – 22-AXEKVCEY	46
Obr. 17.: Uložení kabelů dle PNE 34 1050.....	55
Obr. 18.: Typický příklad uložení kabelů v areálu.....	56
Obr. 19.: Příklad půdorysu šachty odbočení VN kabelů.....	57
Obr. 20.: Vybavení rozvodny rozvaděčů 22kV pro vybraný objekt	59
Obr. 21.: Schéma napájení NN.....	60
Obr. 22.: Možná vizualizace rozveden vybavených dálkovým řízením	61
Obr. 23.: Schéma VN doplněné pro II. etapu.....	66
Obr. 24.: Dispozice rozvodů VN doplněných o II. etapu.....	67
Obr. 25.: Schéma napájení NN pro bytové domy II. etapy	71
Obr. 26.: Dispozice kiosku pro trafostanici 22/0,4kV.....	72
Obr. 27.: Schéma VN pro realizované objekty II. etapy	73
Obr. 28.: Dispozice rozvodů VN realizované objekty v II. etapě	74

Seznam tabulek:

Tab. 1.: Řešení transformátorů pro dané napěťové soustavy	15
Tab. 2.: Srovnání sítí NN	27
Tab. 4.: Stanovení soudobých příkonů pro jednotlivé sekce rezidence	37
Tab. 5.: Požadování příkony objektů I. etapy.....	37
Tab. 6.: Zatížení vedení VN 2067	47
Tab. 7.: Srovnání použitých VN kabelů.....	48
Tab. 8.: Požadavky při souběhu a křížení kabelů.....	53
Tab. 9.: Požadavky na nejmenší krytí kabelů.....	54
Tab. 10.: Uvažované objekty v rámci II. etapy	63
Tab. 11.: Požadované soudobé příkony a počet odběrných míst pro jednotlivé objekty	64
Tab. 12.: Přehodnocené příkony objektů I. etapy v rámci II. etapy	65

Seznam příloh:

Příloha A	Ostrava, Nová Karolina - I.etapa, rozvody VN, NN – Napájecí schéma VN
Příloha B	Ostrava, Nová Karolina - I.etapa, rozvody VN, NN – Situace rozvodů VN, NN
Příloha C	Ostrava, Nová Karolina - I.etapa, rozvody VN, NN - OS_8760 - Schéma NN
Příloha D	Energetická studie - II.etapa Nová Karolína - Napájecí schéma VN
Příloha E	Energetická studie - II.etapa Nová Karolína - Situace rozvodů VN
Příloha F	Energetická studie - II.etapa Nová Karolína - Napájecí schéma VN - pouze E a F
Příloha G	Energetická studie - II.etapa Nová Karolína - Situace rozvodů VN - pouze E a F